JET POMPA, İMALAT VE DENEYLERİ

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

1999

JET POMPA, İMALAT VE DENEYLERİ

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Enerji Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof. Dr. Yaşar PANCAR

Şubat – 1999

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU' nun YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "JET POMPA, İMALAT VE DENEYLERİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin, ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Prof. Dr. Yaşar PANCAR (Danışman)

Üye: Prof. Dr. Kemal TANER

Üye: Yrd. Doç. Dr. İrfan ÜREYEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun .... gün ve .... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
SUMMARY	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
SEMBOLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. POMPALARIN SINIFLANDIRILMASI	2
3. JET POMPALAR	5
3.1. JET POMPA PRENSİBİ	5
3.2. EDÜKTÖRLER	6
3.3. PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİ	13
3.4. AVANTAJLAR	13
3.5. GENEL MAKSAT EDÜKTÖRLERİ	14
3.6. KARIŞTIRICI EDÜKTÖRLER	18
3.7. İĞNELİ EDÜKTÖRLER	20
3.8. KUM VE ÇAMUR EDÜKTÖRLERİ	21
3.9. KATI UYGULAMA EDÜKTÖRLERİ	23
3.10. ÇOKLU NOZUL EDÜKTÖRLER	27
3.11. DERİN KUYU EDÜKTÖRLERİ	28
3.12. HAZIRLAYICI EDÜKTÖRLER	29
3.13. SIVILAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR	30
4. GAZ VE BUHAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR	31
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	36
6. SONUÇLAR	37
KAYNAKLAR DİZİNİ	38

MANUFACTURING AND EXPERIMENTS OF JET PUMP

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

Master of Science

In The Department Of Mechanical Engineering

1999

1. GİRİŞ

Pompalar arasında hareketli parçaları olmaması, yağlama gerektirmemesi ve her türlü işlenebilir malzemeden imal edilebilmesi gibi birçok kolaylıklarıyla Jet Pompalar öne çıkmaktadır. Kullanım alanları tek başlarına olabildiği gibi diğer bir pompaya ön hazırlayıcı olarak da olabilmektedir.

Bu çalışmada imal edilen üç farklı nozul tipine sahip pompalarla ölçümler yapılmış ve bu ölçümler sonucunda bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme göstermektedir ki; Bir Jet Pompada debi artışı nozul uzunluğu, emme yüksekliği ve uygulanan itici basınçla direk ilintilidir.

2. POMPALARIN SINIFLANDIRILMASI

Dinamik Pompalar

1. **Özel Etkili Pompalar**
    - **A. Jet Pompalar**
    - **B. Manyetik Tahrikli Pompalar**
    - **C. Hava Tahrikli Pompalar**
    - **D. Hidrolik Koçlu Pompalar**
2. **Santrifüj Pompalar**
    - **A. Çark Tipine Göre**
        - **I. Açık Pompalar**
        - **II. Yarı Açık Pompalar**
        - **III. Kapalı Pompalar**
    - **B. Kademe Sayısına Göre**
        - **I. Tek Kademeli Pompalar**
        - **II. Çok Kademeli Pompalar**
    - **C. Dönüş Eksenine Göre**
        - **I. Yatay Eksenli Pompalar**
        - **II. Düşey Eksenli Pompalar**
    - **D. Tahrik Edilmelerine Göre**
        - **I. Mekanik Tahrikli Pompalar**
        - **II. Pnömatik Tahrikli Pompalar**
    - **E. Düzen Yada Görünümlerine Göre**
        - **I. Uçtan Memeli Pompalar**
            - **a. Monoblok Pompalar**
            - **b. Şase Monteli Pompalar**
            - **c. Yarık Gövdeli Pompalar**
            - **d. Çift Salyangoz Pompalar**
            - **e. Vorteks Pompalar**
        - **II. Pervaneli Ve Türbin Pompalar**
            - **a. Düşey Milli Pompalar**
            - **b. Hermetik Pompalar**
            - **c. Dalgıç Pompalar**
            - **d. Rejeneratif Pompalar**
            - **e. Pervaneli Pompalar**
                - **I. Eksenel Akışlı Pompalar**
                - **Iı. Karmaşık Akışlı Pompalar**
                - **Iıı. Özel Pervane Pompalar**

Yer Değiştirmeli Pompalar

1. İleri-Geri Hareketli Pompalar
- **A. Diyaframlı Pompalar**
  - **I. Tek Diyaframlı Pompalar**
  - **II. Çok Diyaframlı Pompalar**
- **B. Pistonlu Pompalar**
  - **I. Konstrüksiyonuna Göre**
    - **a. Akışkanı Pompalama Hareketine Göre**
      - **I. Tek Etkili Pompalar**
      - **Iı Çift Etkili Pompalar**
    - **b. Piston Tipine Göre**
      - **I. Klasik Pompalar**
      - **Iı. Plunger Pompalar**
    - **c. Silindir Konumuna Göre**
      - **I. Yatay Pompalar**
      - **Iı. Düşey Pompalar**
    - **d. Silindir Sayısına Göre**
      - **I. Tek Silindirli Pompalar**
      - **Iı. Çift Silindirli Pompalar**
      - **Iıı. Çok Silindirli Pompalar**
  - **II. Çalıştırma Şekline Göre**
    - **a. El İle Çalıştırılan Pompalar**
    - **b. Kayış-Kasnak Tertibatlı Pompalar**
    - **c. Motopompalar**
    - **d. Buhar Veya Hava Tahrikli Pompalar**

2. Döner Pompalar
- **A. Paletli Pompalar**
  - **I. Rotoruna Göre**
    - **a. Rijit Pompalar**
    - **b. Esnek Pompalar**
  - **II. Debisine Göre**
    - **a. Sabit Pompalar**
    - **b. Değişken Pompalar**
  - **III. Paletine Göre**
    - **a. Kayar Pompalar**
    - **b. Yuvarlanan Pompalar**

Iv. Odacık Tipine Göre

A. Tek Odalı Pompalar

B. İki Odalı Pompalar

c. Üç Odalı Pompalar

B. Dişli Pompalar

I. İçten Dişli Pompalar

II. Dıştan Dişli Pompalar

C. Döner Pistonlu Pompalar

I. Eğimli Plakalı Pompalar

II. Wobble Plakalı Pompalar

III. Çevresel Pistonlu Pompalar

D. Lob Rotorlu Pompalar

I. Roots Pompalar

II. Tekli Pompalar

III. Çoklu Pompalar

E. Vidalı Pompalar

I. Tek Vidalı Pompalar

II. İki Vidalı (Zamanlamalı) Pompalar

III. Üç Vidalı (Zamanlamasız) Pompalar

F. Peristaltik Pompalar

I. Esnek Çarklı Pompalar

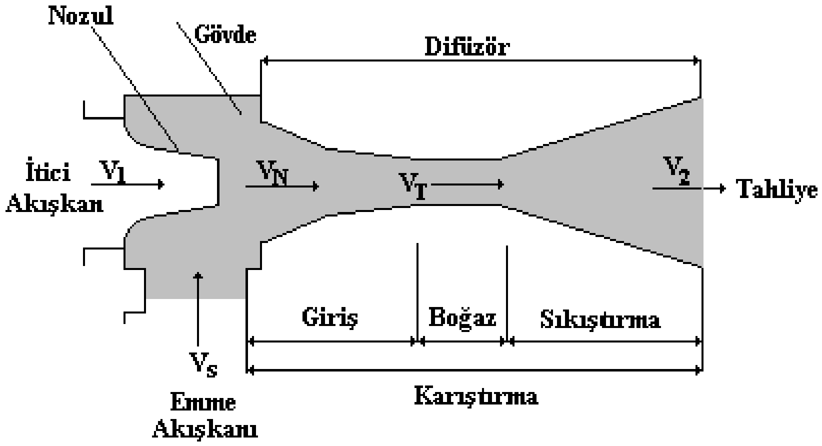
II. Esnek Hortumlu Pompalar

III. Esnek Gömlekli Pompalar

3. JET POMPALAR

3.1. Jet Pompa Prensibi;

Jet pompa tanımı, yada ejektör, hareketli parçası olmayan ve kontrollu şartlar altında akışkanlara hareket veren sistemleri açıklar. Özellikle, itici kuvvet, mümkün olan en yüksek hızı sağlayacak şekilde tasarlanmış, bir nozulun içinden geçen, bir akışkan hüzmesi tarafından sağlanır. Yüksek hızlı çıkış jeti, emme akışkanın karıştırma odacığına akışını sağlayarak, bu bölgede bir düşük basınç bölgesi meydana getirir. İdealde bu noktada itici ve emme akışkanlarının ortalama hızlarında hareket eden ve tam karışmış bir akışkan sağlayan bir momentum değişimi vardır. Difüzör, hızı derece derece azaltacak ve tahliye bölgesinde mümkün olan en az kayıpla enerjiyi basınca çevirecek şekilde biçimlendirilmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere, ejektörün üç temel parçası, nozul, difüzör ve emme odacığı yada gövdedir.



Şekil: 1. Difüzörler akışkanları içeri alarak, karıştırıp ve hızını yeniden basınca çevirirken, jet nozulları, basınç enerjisini hıza çevirirler.

Terimleri açıklanması:

Ejektör: Emme ve itici basınçları ortalama bir basınçta tahliye eden jet pompaların genel adıdır.

Edüktör: Bir akışkanı itici olarak kullanan, bir sıvı jet pompası.

Enjektör: Girişte yoğunlaşabilen bir gaza kullanan özel bir jet pompa.

Jet Kompresör: Gazların basıncını artırmada kullanılan bir gaz jet pompasıdır.

Sifon: Yoğunlaşabilen normal su buharını, itici akışkan olarak kullanan sıvı jet pompasıdır.

3.2. EDÜKTÖRLER

Teori ve Tasarım : Edüktör teorisi Bernoulli denkleminden türetilmiştir. Çevirici tipli bir nozuldan, akışın serbestçe geçmesini sağlayarak, nozul girişindeki statik basınç, kinetik enerjiye çevrilir. Sonuçta elde edilen yüksek hızlı akış, emme odasında emme akışına, orta hızlı karışmış akışkan hızı olarak dahil olmuştur. Böylece difüzör kesiti, edüktör çıkışında, hızdan dolayı oluşan basıncı, yeniden statik basınca çevirir. Bernoulli denklemini, bir edüktörün nozulunda, itici akışkan olarak yazacak olursak;

$$\frac{P_1}{W_1} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{W_1} + \frac{V_N^{\ 2}}{2g}$$

Burada, P_1= Akıntıyla ters yönlü statik basınç

P_2= Nozul ucunda statik basınç

V_1= Nozulda akıntıyla ters yönlü hız

V_N= Nozul orifisindeki hız

W_1= İtici akışkanın özgül ağırlığı

Nozulun akıntıyla ters yönlü akışında, bütün enerjinin statik olduğu düşünülebilir. Bu kabulle beraber, V_1 hız terimi ihmal edilebilir. Böylece;

$$\frac{V_N^{\,2}}{2g}=\frac{P_1-P_s}{W_1}$$ olur.

Bu terim çalışma başı olarak adlandırılır.

Difüzör boyunca, nozuldaki etkinin ters yönlü olması dışında, birbirine karışmış akışa aynı prensiplerin geçerli olduğu düşünülebilir. Böylece;

$$\frac{P_s}{W_2}+\frac{V_T^{\,2}}{2g}=\frac{P_2}{W_2}+\frac{V_2^{\,2}}{2g}$$ elde edilir.

Burada; P_S= Emmedeki statik basınç

P_2= Çıkıştaki statik basınç

V_T= Difüzör boğazında hız

V_2= Akışla aynı yönlü hız

W_2= Karışmış akışkanın özgül ağırlığı

Çıkıştaki hızın statik başa dönüştürüldüğü düşünülebilir, böylece V_2=0 olur ve

$$\frac{V_T^{\,2}}{2g}=\frac{P_2-P_s}{W_1}$$ elde edilir.

Bu terim çıkış başı olarak tanımlanır.

R_H baş oranı, çalışma başının, tahliye başına oranı olarak düşünülebilir.

$$R_H=\frac{\dfrac{V_N^{\,2}}{2g}}{\dfrac{V_T^{\,2}}{2g}}=\frac{V_N^{\,2}}{V_T^{\,2}}=\frac{\dfrac{P_1-P_s}{W_1}}{\dfrac{P_2-P_s}{W_2}}=\frac{(P_1-P_s)W_2}{(P_2-P_s)W_1} \quad (5)$$

Oranlardaki karmaşayı önlemek ve kolay işlem yapılmasını sağlamak için, özgül ağırlık değeri ve yerçekimi ivmesi değeri yer değiştirebilir. _ Böylece (5) no'lu denklem

$$R_H=\frac{(P_1-P_s)spgr_2}{(P_2-P_s)spgr_1}$$ denklemi halini alır.

H_1 -H_s = Çalışma başı

H_2 -H_s = Tahliye başı

Giriş şartları temel momentum denklemi ile tarif edilirler. Bu denklemi yazacak olursak;

$M_1V_N + M_SF_S = (M_1 + M_S)V_T$ olur.

Burada; M_1= İtici akışkan kütlesi

M_S= Emme akışkanı kütlesi

V_N= Nozul çıkışında hız

V_S= Emme girişinde hız

V_T= Difüzör boğazında hız

Emme girişindeki hızın yaklaşık değerinin sıfır olduğu düşünülür ve denklem bu haliyle yeniden düzenlenirse;

$M_S = M_1\left(\frac{V_N}{V_1} - 1\right)$ olur ve burada $\frac{V_N{}^2}{V_1^2}$ değerinin R_H baş oranı olarak tanımlandığına dikkat etmek gerekir. R_q, hacimsel oranı basitçe;

$$\frac{Q_S}{Q_1} = R_W \frac{spgr_1}{spgr_2}$$ olur.

Burada, Q_S= Hacimsel ünitelerde emme akışkanı

Q_1= Hacimsel ünitelerde itici akışkan olarak ele alınır.

Şekil 2. NPEB ile verimlilik arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.

Edüktörün maksimum teorik performansı yukarıda belirtilen denklemlerden faydalanarak hesaplanabilir. Pratikte ise durum farklılık göstermektedir. İki akışkanın karışmasına ve difüzördeki sürtünme kayıplarına bağlı olarak enerji kayıpları meydana gelir. Bu kayıplar, maximum teorik performansı düşürmek için amprik bir faktörün kullanılmasıyla hesaplanabilir. Şekil 2., tek bir nozul ve dairesel nozul edüktörleri için bu faktör ve net pozitif emme başı (NPEB), arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Dairesel bir nozul edüktöründe, itici akışkan, emme akışkanı çevresinden , ya bir nozulllar yüzüğü tarafından yada difüzörün iç duvarı ile emme nozulunun dış duvarı arasında oluşturulan bir daireden giriş yapar. NPEB, edüktörün orta hattında, edüktör karıştırma odacığına giren akışkana hareket kazandırmak ve bu hareketi hızlandırmak için uygun olan baştır. NPEB, her bir feet'teki toplam akışın başıdır ve;

NPEB= Atmosfer basıncı - emme basıncı - emme yada itici akışkanın buhar basıncı' dır.

Yukarıdaki formülde emme yada itici akışkan basınçlarından hangisi daha büyükse, o değeri almak gerekmektedir.

Verim faktörü R_W, denkleme aşağıda gösterildiği dahil edilir.

$R_W = \varepsilon\sqrt{R_H} - 1$. Burada ε, verimlilik faktörüdür.

Bu denklem çalışma parametrelerinden itici miktarı yada basıncın hesaplamada kullanılır. Nozul ve difüzör çapları;

Q= W*A*V denkleminden uygun nozul ve difüzör giriş katsayılarının hesaplanmasıyla elde edilir.

Tasarımdaki ana problemler, karıştırma odasının boyutları ve oranlarıyla beraber, nozul ve difüzör arasındaki uzaklıkla ve de difüzörün uzunluğuyla ilgilidir. Edüktör tasarımları, uzunluk ve şekil için teorik bilgilere ve amprik ifadelere bağlıdır.

Birçok, kullanılan verimli ünite, prototip testinden sonra oldukça değiştirilmiş, hesaplanmış tasarımlardan geliştirilmişlerdir.

İtici yada emme akışkanının yükseltilmiş viskozitesi, sürtünmeyi ve momentum kayıplarını artırır. Bundan dolayı Şekil 2' de gösterilen verimlilik faktörü düşme gösterir. 20 Centipoise' nin altında, ε' nun, %5 düşürülmesiyle verim en azdır. Bu değerin üstünde ise, performans kaybı çok daha fazla dikkat çekicidir. Burada amprik girdi ve ön testler ölçümlendirme parametrelerini belirlemek için kullanılırlar.

Şekil 3, değişik kaldırma şartları için, R_W çalışma oranı ile, R_H baş oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.Verimlilik faktörü ise bu eğrinin içine dahil edilmiştir.

Şekil 3. Sıvı jet edüktörlerinde, tahmini işletme oranları. Bir edüktör sadece bir baş oranı için tasarlanabilir.

Edüktörün, son boyutu, çıkış hattı ve buna bağlı olarak normal boru hattı hızları (0.9 m/s'den 3 m/s.' ye kadar) temel alınarak tespit edilmiştir.

Şekil 4-A ve 4-B, edüktör boyutunun tahmini ölçüleri için kullanılırlar.

Şekil 4. Ölçüm eğrisi

3.3. PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİ:

Şekil 5, edüktörün performans karakteristiklerini gösterir. Burada, tasarım noktasının altındaki keskin düşüş dikkat çekicidir. Bu nedenle, bütün edüktörler, bir zirve verimliliği için tasarlanırlar.

Çok sık olarak bu, bir zirve performansı yerine düşük verimlerde, yüksek bir performans aralığı elde etmek için, avantajlıdır ama bu aralık oldukça sınırlıdır.

3.4. AVANTAJLAR

Kendi kendine hareket kazandırmasının yanı sıra, hareketli parçalarının olmaması, yağlama gerektirmemesi, teflon, ısıya dayanıklı cam ve fiberglas gibi özel malzemelerden olduğu gibi, herhangi bir işlenebilir malzemeden imal edilebilmesi gibi birçok avantajları vardır. Endüstride jet pompasının kulanım alanlarını anlatmak oldukça yer tutar ancak burada genel olarak uygulamalardan bahsedilecektir. Ancak kullanılacak edüktörün tipi, istekli servis tarafından belirlenmektedir.

Şekil 5. Bir edüktörün karakteristik performans eğrisi

.

3.5. GENEL MAKSAT EDÜKTÖRLERİ

Tablo 1, pompalama ve karıştırma işlemlerinde kullanılan genel maksat edüktörleri için kapasite değerlerini göstermektedir. Bu tip edüktörler Şekil 6' da gösterilmektedir ve yüksek verimlilik yerine geniş performans aralığına sahip olan edüktörlerdir.

Şekil 6. Genel maksat edüktörü

Genel maksat edüktörleri için standart malzemeler;

- Dökme Demir
- Bronz
- Paslanmaz Çelik
- PVC’ dir.

Genel maksat edüktörleri için kullanım yerleri;

- Yoğuşturucu Tahliyesi
- Foseptik Çukurları
- Derin Kuyular
- Gemilerden Sintine Suyu Tahliyesi

Şekil 7, daha yüksek emme yükseklikleri yada tanecikli akışkan kontrolunu gerektiren uygulamalar için daha da elverişli versiyonları göstermektedir. Bu tip edüktörler vakum altındaki kaplardan yoğuşmuş sıvının tahliyesinde kullanılır. Bu edüktörlerin sadece 0.60 m NPEB gerektirmesi ve mekanik pompalardan daha küçük olması sebebiyle daha az yer işgal etmeleri de avantajdır.

EMME YÜKSEKLİĞİ (m)	ÇIKIŞ BASINCI (atm)	İŞLEM	STANDART 2.54 CM. SU JETİ EDÜKTÖRÜ KAPASİTESİ, (lt/dak.) İŞLEM SU BASINCI, (atm)							
			0.703	1.406	2.109	2.812	3.515	4.218	5.624	7.030
	0	EMME	0.41	0.56	0.66	0.70	0.84	0.84	0.84	0.84
		BASMA	0.24	0.35	0.42	0.49	0.55	0.61	0.70	0.77
	0.3	EMME		0.09	0.28	0.42	0.56	0.70	0.77	0.84
		BASMA		0.34	0.47	0.49	0.55	0.60	0.70	0.77
	0.7	EMME			0.01	0.16	0.33	0.44	0.61	0.77
		BASMA			0.41	0.47	0.54	0.59	0.68	0.77
0	1	EMME					0.08	0.59	0.41	0.60
		BASMA					0.54	0.59	0.68	0.77
	1.4	EMME						0.02	0.24	0.41

		BASMA						0.57	0.68	0.77
	1.7	EMME							0.05	0.27
		BASMA							0.67	0.77
	2.1	EMME								0.11
		BASMA								0.77
	0	EMME	0.30	0.47	0.60	0.67	0.77	0.77	0.84	0.84
		BASMA	0.27	0.37	0.44	0.51	0.56	0.61	0.70	0.77
	0.3	EMME		0.10	0.22	0.35	0.49	0.63	0.77	0.77
		BASMA		0.36	0.44	0.50	0.56	0.61	0.70	0.77
	0.7	EMME				0.13	0.25	0.39	0.60	0.70
		BASMA				0.49	0.55	0.60	0.70	0.77
1.5	1	EMME					0.07	0.18	0.40	0.58
		BASMA					0.54	0.60	0.69	0.77
	1.4	EMME							0.23	0.39
		BASMA							0.68	0.77
	1.7	EMME							0.03	0.25
		BASMA							0.68	0.77
	2.1	EMME								0.10
		BASMA								0.77
	0	EMME	0.14	0.32	0.47	0.58	0.63	0.70	0.70	0.70
		BASMA	0.29	0.38	0.46	0.52	0.57	0.63	0.70	0.77
	0.3	EMME			0.14	0.30	0.41	0.54	0.69	0.70
		BASMA			0.45	0.52	0.57	0.62	0.70	0.77
	0.7	EMME				0.07	0.21	0.31	0.56	0.67
		BASMA				0.51	0.56	0.61	0.70	0.77
3	1	EMME					0.07	0.14	0.39	0.51
		BASMA					0.56	0.61	0.70	0.77
	1.4	EMME							0.19	0.37
		BASMA							0.69	0.77
	1.7	EMME								0.19
		BASMA								0.77
	2.1	EMME								0.07
		BASMA								0.77
	0	EMME		0.23	0.37	0.55	0.59	0.62	0.62	0.63
		BASMA		0.40	0.47	0.53	0.59	0.63	0.70	0.84
	0.3	EMME				0.28	0.34	0.51	0.60	0.63
		BASMA				0.53	0.58	0.63	0.70	0.77
	0.7	EMME					0.16	0.28	0.44	0.60
		BASMA					0.57	0.63	0.70	0.77
4.5	1	EMME							0.29	0.47
		BASMA							0.70	0.77
	1.4	EMME							0.14	0.31
		BASMA							0.70	0.77
	1.7	EMME							0.14	0.31
		BASMA							0.7	0.77
	2.1	EMME								0.13

		BASMA								0.77
	0	EMME		0.14	0.28	0.44	0.54	0.54	0.54	0.54
		BASMA		0.42	0.49	0.54	0.60	0.65	0.77	0.84
	0.3	EMME				0.19	0.27	0.44	0.54	0.54
		BASMA				0.54	0.59	0.64	0.70	0.84
	0.7	EMME					0.08	0.21	0.40	0.49
		BASMA					0.58	0.63	0.70	0.77
6		EMME							0.25	0.37
		BASMA							0.70	0.70
	1.4	EMME							0.25	0.37
		BASMA							0.70	0.77
	1.7	EMME							0.09	0.26
		BASMA							0.70	0.77
	2.1	EMME								0.10
		BASMA								0.77

Edüktör Boyutu (mm)	12.7	19.05	25.4	38.1	50.8	63.5	76.2	101.6	152.4
Kapasite Oranı	0.36	0.64	1.00	2.89	4.00	6.25	9.00	16.0	36.00

Tablo 1. Standart edüktörlerin kapasite tablosu

Şekil 7. Akışa uygun olarak şekillendirilmiş edüktör.

3.6. KARIŞTIRICI EDÜKTÖRLER

Birçok edüktörler doğal olarak karıştırıcı yapıyorken bazı edüktörlerde özellikle karıştırıcı olarak tasarlanırlar. Mekanik karıştırıcılarda, malzemeye yer değiştirici olarakta kullanılırlar ve karıştırma yapılacak tankın için yerleştirilirler. Şekil 8, edüktörlerin en basit şekilleri olan Püskürtücü Nozulu gösterilmektedir. Bu tip üniteler her 3785.43 cm^3 itici akışkan için yaklaşık olarak 11356.29 cm^3 emme akışkanı karıştırırlar. Tam bir karıştırma için nozuldan 1.406 atm' lik bir geçiş önerilir. Şekil 9, bu tip bir edüktör için itici kapasitelerini göstermektedir. Püskürtücü Nozullları normalde sığ kaplar için kullanılırlar.

Şekil 8. Püskürtücü Nozul

Şekil 9. Püskürtücü nozulların itici kapasitesi_

Şekil 10, Tank Karıştırıcı olarak adlandırılan diğer bir edüktör tipini göstermektdir. Bu edüktörler, karıştırılacak sıvının altına monte edilirler. Tablo 2' de bu tip edüktörler için, itici kapasiteleri gösterilmektedir. Birimler; belirli bir karışım oranına göre, tank akışkanın miktarına göre, tespit edilmiş karışım oranına göre ve karıştırılacak kabın derinliğine göre belirlenirler.

BOYUT (mm)	İTİCİ AKIŞKAN SUYU, lt/s							
	TANKA GİRİŞ BASINÇ DEĞİŞİMİ, atm							
	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	5.6	7
12.7	0.22	0.31	0.37	0.44	0.50	0.53	0.63	0.69
19.05	0.63	0.91	1.10	1.26	1.45	1.54	1.82	2.01
25.4	0.89	1.26	1.57	1.76	1.89	2.17	2.52	2.80
31.75	1.38	1.95	2.36	2.77	3.15	3.34	3.94	4.35
38.1	1.98	2.83	15.85	1.16	4.54	4.82	5.67	6.24
50.8	3.53	5.04	6.05	7.06	8.07	8.57	10	11
76.2	7.94	11.35	13.6	15.89	18.16	19.30	22.7	24.98
101.6	14.13	20.18	24.22	28.26	32.29	34.31	40.37	44.41
127	22.07	31.54	37.85	44.15	50.46	53.62	63.08	69.39
152.4	31.16	45.42	54.50	63.58	72.67	77.21	90.84	99.92

Tablo 2. Tank Karıştırıcı Edüktörlerin İtici Kapasiteleri_

Şekil 10. Tank Karıştırıcı Edüktör

3.7. İĞNELİ EDÜKTÖRLER

Şekil 11. Oranlama Edüktörü

Şekil 11’ de bir başka karıştırma edüktörü gösterilmektedir.

İğneli Edüktörler için tipik kullanım sahaları şunlardır;

- Kostik, oksijen yada bakır slurrileriyle, hidrokarbonları karıştırmak
- Emülsiyon üretmek

Kimyasal işlem endüstrisinde orantı sağlamak

Kritik uygulamalarda bazen spindle’ ı ayarlamak kapatma kontrolunu sağlamak için bir diyafram operatörlüğüyle sağlanır. Tablo 3, bu tür üniteler için tipik uygulamalardaki kapasiteleri göstermektedir.

İTİCİ AKIŞKAN	NAPHTHA	HİDROKARBON	GAZOLİN	GAZOLİN	KEROZEN
EMME AKIŞKANI	BAKIRKLORİD PARÇALARI	HİDROKARBON	İNCE ÇAMUR	SU	İNCELTİLMİŞ KEROZEN
BASINÇ, atm					
İTME	11.60	20.74	11.95	5.27	10.26
EMME	2.81	0.35	5.27	3.51	4.21
TAHLİYE	5.27	0.70	7.03	3.51	4.92
AKIŞ,lt/s					
İTME	0.13	0.04	5.67	10.72	30.40
EMME	1.26	3.65	4.66	2.64	44.15
TAHLİYE	3.15	4.28	10.34	13.37	74.56
EDÜKTÖR BOYU (mm)	38.1	76.2	101.6	101.6	152.4

Tablo 3. Oranlama Edüktörleri Kapasieteleri

3.8.KUM VE ÇAMUR EDÜKTÖRLERİ

Şekil 12, kum, çamur yada balçık benzeri diğer doğal malzemelerin olduğu ve kolaylıkla tahliye edilemeyen, kuyular, tanklar, çukurlar, hazneler yada benzeri yerlerde

pompalama işleminde kullanılan, bir kum ve çamur pompasını göstermektedir. Bu tip edüktörlerle birlikte Jetin maksimum basınç odacığının altına bir karıştırıcı nozullar yüzüğü bağlanmıştır. Bu nozullar maksimum girişi sağlamak için, basınç yaptığı jette malzemeyi karıştırırlar. Tablo 4' te bu tip edüktörler için kapasite tablosu gösterilmektedir.

Şekil 12. Kum ve Çamur Edüktörleri

EMME KAPASİTESİ			
İŞLETME SU BASINCI, atm	2.81	3.51	4.21
TOPLAM İTİCİ AKIŞKAN,lt/s	4.3	4.8	5.36
NET EMME AKIŞKANI,lt/s	1.89	2.17	2.42
MAKSİMUM TAHLİYE BAŞI,m	6.70	7.92	9.75

EDÜKTÖR BOYU,mm	38.1	63.5	76.2	101.6	127	152.4
KAPASİTE ORANI	0.29	0.62	1.00	1.85	2.80	3.80

Tablo 4. Kum ve Çamur Edüktörlerinin İzafi Kapasiteleri

Bu tablo, Tablo1. İle aynı amaçla kullanılabilir. İstenilen emme akışı uygun bir itici basınç altında, Tablo 4' ten seçilen emme kapasitesi tarafından bölünür. Bu değer kapasite oranıdır. Böylece karar verilen geçerli kapasiteler, tablodaki değerlerden seçilen edüktörün, kapasite oranıyla çarpılmasıyla elde edilir. Maksimum tahliye başı tablodan okunur.

3.9. KATI UYGULAMA EDÜKTÖRLERİ

Şekil 13. Zıplatıcı Edüktörler olarak adlandırılan özel tip bir edüktörü göstermektedir.

Katı Uygulamalı Edüktörler için kullanım sahaları şunlardır;

* İnce çamurların tahliyelerinde
* Granular formdaki kuru katılardaki uygulamalarda
* Tank diplerindeki balçık tahliyelerinde
* Filtre yataklarındaki kumların pompalanmasında
* Granular malzemelerin yıkanmasında yada taşınmasında kullanılırlar.

Tipik edüktör yapısı, sertleştirilmiş çelik nozulla beraber dökme demir ve boğaz kovanlarıdır. Uygulamada aşağı yönlü yıkama amaçlı nozullar, zıplayıcı taraflarda yumuşak akışı sağlarlar. Böylece malzeme aktarımı esnasında malzemenin dışarı çıkmasını önler ve aynı zamanda aşırı hava miktarına karşı sızdırmazlık görevi yapmış olurlar. Bu sızdırmazlık olmazsa, Tablo 5' te gösterilen kapasiteler yaklaşık olarak üçe bölünmelidir. Tablo 6, bu edüktörlerde uygulamaya alınan malzemeleri ve onların hacimsel yoğunluklarını göstermektedir. Konik Tipli edüktörler için kapasite tablosunun kullanılması tablo 1 ve tablo 4' ün kullanılmasıyla aynıdır, bundan ancak feet küp olarak ifade edilen , gerekli emme miktarları hariç tutulmalıdır. Kapasite oranı

tablodaki değerin gerekli emme akışına oranı ile elde edilir ve bir büyük değerli edüktör seçilir.

Şekil 13. Konik Edüktör

İŞLETME SU BASINCI, atm	2.10	2.81	3.51	4.21
EMME KAPASİTESİ, m³/saat	4	11	22	27
MAKSİMUM TAHLİYE BASINCI, atm	0.98	1.19	1.26	1.40
İTİCİ AKIŞKAN SARFİYATI, lt/s	2.20	2.52	2.83	3.15

*Aşağı yönlü nozullardan yaklaşık olarak %10 itici akışkan geçtiği düşünülerek.

EDÜKTÖR BOYU,mm	38.1	50.8	76.2	101.6	152.4
KAPASİTE ORANI	1.00	1.60	3.50	6.00	18.00

Tablo 5. Konik Tipli Edüktörlerin, İzafi Kapasiteleri

Bir diğer katı uygulamalı edüktör Şekil 14' te gösterilmiştir. Dairesel orifis edüktörleri, malzemenin ıslandığı zaman toplandığı yada sakızlanma eğilimi gösterdiği yerlerde kullanılırlar. Bu ünitede karışım boğazda oluşur ve alet tamamen engellenmeye karşı korunaklıdır. Normalde bu ünite direk olarak tankın karşısına ve tahliye edilecek karışımın içine yerleştirilir. Tablo 7, bu tip bir ünite için kapasiteleri göstermektedir. Bu tip edüktörlerin üniteleri, sert katılardan ıslak katılara kadar karıştırma ve uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır.

MALZEME	**YAKLAŞIK YOĞUNLUK, kg/m^3**
BORAX	800-880
MANGAL KÖMÜRÜ	290-450
SİLİSLİ TOPRAK	160-320
KİREÇ, ÇAKIL HALİNDE	890
KİREÇ, TOZ HALDE	510-640
LAPA	960-1050
UÇAN KÜL	560-640
REÇİNE	1075
GRANÜL HALDE TUZ	720-820
TAŞ HALDE TUZ	1120-1280
NEMLİ KUM	1200-1360
KURU KUM	1450-1600
KURU TALAŞ	210
HAFİF SODA KÜLÜ	320-560
KURU SODYUM NİTRAT	1280
TOZ HALDE KUKURT	800-960
BUĞDAY	770
KURU, TOZ HALDE ,ÇİNKO OKSİT	160-560

Tablo 6. Konik Yapılı Edüktörler Tarafından İşleme Tabi Tutulan Tipik Malzemeler.

Şekil 14. Dairesel Edüktörler

Tablo 5 ve Tablo7, kapasiteleri göstermektedir ve benzerdir. Daha öncede arz edildiği gibi bu tablolardan seçim metodları aynıdır.

EDÜKTÖR BOYU,mm	31.75	38.1	50.8	63.5	76.2	101.6
KAPASİTE ORANI	0.62	1.00	1.43	2.86	4.76	8.80

İTİCİ BASINCI, atm	2.10	2.81	3.51	4.21	4.92	5.62	6.32	7.03
KARIŞIM, m^3/saat	0.80	2.16	4.38	5.45	6.18	6.70	6.98	7.25
İTİCİ AKIŞ,lt/s	0.80	0.92	1.02	1.12	1.21	1.30	1.38	1.45

Tablo 7. Dairesel Edüktörlerin, İzafi Kapasiteleri

3.10. ÇOKLU NOZUL EDÜKTÖRLER

Şekil 15, emme akışkanının tam katılar ve yarı katılar içerdiği yerlerdeki, özel kullanımlar için tasarlanmış çoklu nozul edüktörlerini göstermektedir. Bu öncelikle düşük tahliye başlarındaki geniş akışlar için kullanılmaktadır. (Bu ünitelerin izafeten, geniş hava uygulamaları olması sebebiyle, dredging pompaları gibi pompalardan önce kullanılmak için oldukça uygundurlar. Bu yerlerde hava paketleri, dredging pompalarının işlevlerini kaybetmelerine yol açabilir.) Bu edüktörler baş oranı için temel eşitliklerin kullanılmasıyla elde edilitler.) Uygun verimlilik faktörleri, Şekil 2' den seçilir ve hacimsel akış oranı hesaplanır. Şekil 4' Tahliye akışının belirlenme işleminden sonra, edüktörü boyutlandırmada kullanılır.

Şekil 15. Çoklu Nozul Edüktörler

3.11. DERİN KUYU EDÜKTÖRLERİ

Şekil 16' da gösterilen edüktörler, ticari amaçlı ve yerleşim yerlerinde bulunan, derin kuyulardakş su kaynaklarından su tahliyesi için, bir mekanik pompayla birleşik olarak kullanılırlar. Edüktör, suyu barometrik düzeyin altından, yüzeydeki itici pompaya ulaştırır. Böylece yüzeydeki pompa için suyun aktarım işlemi kolaylaşmış olur. Uygulamada edüktör, itici pompanın emme ve tahliye kısımlarına hortumlarla bağlanmış ve kuyu haznesine bırakılmıştır. Başlangıç hareketinin, edüktörün emme kısmındaki bir valf vasıtasıyla verilmesi gerekir. Yüzeydeki pompa aktif hale geçince, edüktör boyunca basınç suyu, kuyudan gelen suya karışır. Böylece akışkan mekanik pompa tarfında yüzeye taşınmak için yeterli yüksekliğe çıkarılmış olur. Yüzeydeki bir by-pass valf, bir geri dönüş tankına emilen miktardaki akışkanı yönlendirir. Bu ünitelerin kapasiteleri, santrifüj pompanın verimliliğine ve kuyunun derinliğine bağlıdır. Satndart bir ticari ünite, 1" basınç ve 1 ¼" tahliye bağlantılarına ve değişik derinlikler için kullanılan, kullanılan birçok değişik nozul ve difüzör kombinasyonlarına sahiptir.

Şekil 16. Santrifüj-Jet Pompası Kombinasyonu

3.12. HAZIRLAYICI EDÜKTÖRLER

Edüktörler sıklıkla mekanik, pompalar için ön hazırlık cihazları kullanılırlar. Bu uygulamada edüktörler, sudan ziyade havayı hareket ettirmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Sıvı jetler, yoğunlaşmayan akışkanların tahliyesi için uygun değillerdir ve bu nedenle kapasiteleri düşüktür. Yoğuşuturcu su kutuları gibi daha fazla hacimler gerektiğinde bir tahliyeci kullanmak uygun olur.

Şekil 6' daki su jeti edüktörü jet-nozulun katı-konik sprey nozuluyla yer değiştirmesiyle birlikte, su-jeti tahliyecisi halini alır. Böyle bir ünite için, tahliye değerleri ve kapasite tablosu Şekil 18 ve Tablo8' de gösterilmiştir.

	YAKLAŞIK SU TÜKETİMİ,lt/s SU BASINCI, atm				
BOYUT, mm	2.1	2.8	4.2	5.60	7
12.7	0.16	0.01	0.21	0.23	0.26
19.05	0.29	0.33	0.40	0.46	0.52
25.4	0.39	0.42	0.51	0.56	0.63
38.1	1.26	1.45	1.70	1.89	2.01
50.8	1.76	1.95	2.27	2.58	2.83
63.5	2.90	3.21	3.78	4.22	4.60
76.2	4.16	4.60	5.42	6.05	6.68

Not: Bütün akışlar 15 inHg' da gerçekleşmektedir.

Tablo 8. Su Jeti Tahliyecilerinin Su Tüketimi

Edüktörler yaklaşık olarak, su-jeti tahliyecilerinin 1/5 hava uygulamaları kapasitelerine sahiptirler. Bu, benzer itici miktar ve basıncın sağlandığı yerlerde geçerlidir.

3.13. SIVILAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR

Hesaplamalarda **h** seviyesinin etkisi ihmal edilecektir. Bu gaz veya buhar içinde geçerlidir. Fakat düşey çalışan jet pompalarda bu mesafe önem taşıyabilir. Burada verilecek ifadeler genelleştirilip kullanılacaktır. (Örneğin basınç enerjisi p/γ yerine p/γ +h, p yerine ise p+ γh alınacaktır). "h", seçilen referans sıfır seviyesine göre alınan yükseklikti r.

Ortak karıştırma hızı, c_m, hareketli sıvıyla aktarılacak sıvının karıştırılması sabit basınç da olacağı düşüncesinden başlayarak, impuls teoremi kullanılarak;

$$c_m = \frac{\mu c_1 + c_2}{1+\mu} = \frac{\mu + \frac{c_1}{c_0} + \alpha}{1+\mu} C_0 \text{ olup, gerçekte;}$$

$$\frac{c_1}{c_0} = \sqrt{\frac{p_e - p_1}{p_e - p_0}} = \sqrt{1 + \frac{p_0 - p_1}{p_e - p_o}} = \sqrt{1 + \alpha^2 (\frac{\varphi_1}{\varphi_2})} \text{ ' dir.}$$

$c_a = \tau\, c_0$ jet pompa çıkışındaki hız olmak üzere, enerji bağıntısındaki basınç artışı;

$$p_a - p_1 = (p_a - p_0) + (p_0 - p_1)$$

$$= p_a - p_0 + \alpha^2 (\frac{\varphi_1}{\varphi_2})^2 (p_e - p_0)$$

$$= \mu \frac{\gamma}{2g} (c_{cm}^2 - c_a^2)$$

$$= x c_0^2 \left[\left(\frac{\mu \frac{c_1}{c_0} + \alpha}{1+\mu} \right)^2 - \tau^2 \right]$$

$$= \eta \varphi_1^2 (p_e - p_0) \left[\left(\frac{\mu \frac{c_1}{c_0} + \alpha}{1+\mu} \right)^2 - \tau^2 \right]$$

eğer $\mu = 0.75 - 0.80$ ise, aranılan bağıntı,

$$w=\sqrt{\frac{1}{\eta\varphi_1^2}\left[\frac{p_a-p_0}{p_e-p_0}+\alpha^2\left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2\right]+\tau^2}\ \text{olacaktır.}$$

C_a ihmal edildiği sürece τ=0 alınabilir. Eğer p_e, p_o ve p_a basınçları önceden belirlenebilirse, α değiştirilebilir. α' nın belli değerleri için μ minimum yapılmaya çalışılır. Bulunacak bu değer arzu edilen α değeridir. α ile c_2 hızı f_2 kesiti böylece daha kolaylıkla tayin edilebilir.

Şekil 2' de $(p_a-p_o)/(p_e-p_o)$' nın çeşitli değerleri için μ=f(α) çizilmiştir. Görüldüğü üzere μ, α' nın α=0.20 - 0.25 değerlerine minimum olmaktadır. Bu şartlarda en iyi dizayn için girişteki karıştırma odasında, oldukça büyük basınç düşümü (p_o-p_1) değerlerine ulaşılabilmelidir.

(4) no' lu ifade jet pompaların pratik yoldan hesaplanabilmeleri için kullanılabilecek bir bağıntıdır. Teoride karıştırma nozulunun en dar kesiti;

$$F_m' = \frac{G_2(1+\mu)}{C_m\gamma},$$

fakat teoride kesit,

$$F_m = (1+Z)\,F_m' = (1+Z)(1+\mu) = \frac{G_2}{C_m\gamma}\ \text{olmalıdır.}$$

Z=0.3 - 0.5 . Ayrıca pratikte verim ise;

$$\eta_s = \frac{G_2\dfrac{P_a-P_o}{\gamma}}{G_1\dfrac{P_e-P_a}{\gamma}} = \frac{P_a-P_o}{\mu(P_e-P_a)}\text{' dır.}$$

Şekil 3' e göre oldukça iyi verim değerlerine ulaşılabilmektedir. Bazı özel hallerde her ne kadar (6) no' lu bağıntı tek bir pompanın kalitesini çok iyi karakterize edebiliyorsa da verim tarifini genel verim olarak yapmak daha iyi olacaktır.

4. GAZ VE BUHAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR

Burada ısı gradyeni Δi=H, daha önce yazılan ifadelerdeki basınç farklarının yerini almaktadır. (Şekil.4.). Isı miktarı ve ısı gradyeni i-s diyagramından okunabilir. (Şekil.4.). Gerektiğinde gazlar için hesaplamada yapılabilir. Gazlar için,

$\Delta i = C_p \Delta T = C_p(T-T')$

fakat, $\frac{T}{T'} = (\frac{P}{P'})^{\frac{\chi-1}{\chi}}$ ve H = ±$C_p(T-T')$ olduğundan H her zaman (+) değerini alır.

Buharlı jet kompresörlerde emilen buhar genellikle doymuş haldedir. Yani Şekil 4' de P noktası **doyma hattı** üzerindedir. Hatta sürükleyici buharda olduğu gibi, **doymuş buhar** hali en fazla istenilen haldir. Böylece A noktası tercihen doyma hattı üzerinde olacaktır.

C_0, C_1 ve C_2, için kullanılacak bağıntılar:

$C_0 = \varphi_1 * 91.5 \sqrt{H_e}$ $\qquad$ $91.5 = \sqrt{\frac{2g}{A}}$

$C_1 = \varphi_1 * 91.5 \sqrt{H_1}$ $\qquad$ $A = \frac{1}{427}$ ısının mekaniksel eşdeğeri

$C_2 = \varphi_2 * 91.5 \sqrt{H_2} = \alpha C_0$

$$\alpha = \frac{C_2}{C_0} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \sqrt{\frac{H_2}{H_e}}$$

8 No' lu bağıntı gazlar için;

$$H_e = C_p T_e \left[1 - \left(\frac{P_o}{P_e}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}\right]$$

$$H_1 = C_p T_e \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}\right]$$

$$H_2 = C_p T_0 \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}\right]$$

değerlerini vermektedir. α değerini oranlı değer kabul edip ve H_2 kolaylıkla hesaplanabilir:

$$H_2 = \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2 H_e$$

.

Şekil.4' teki i-s diyagramındaki H_2=PS, P' den düşey yönde çizilecek doğru S' den geçmek şartıyla, buhar nozulu P_1 basıncına ait basınç doğrusu elde edilir. Karıştırma ve basma işleminin P_1 basıncında yapıldığını kabul edersek C_m karıştırma hızı (1) ve (2) ifadelerine benzer şekilde;

$$C_m = \frac{\mu \frac{C_1}{C_0} + \alpha}{1+\mu} C_0 \quad \text{ve}$$

$$\frac{C_1}{C_0} = \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{1+E}\left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2}$$

elde edilir. ε, P_0 ve P_1 basınç hatları arasındaki basınç gradyenlerinin oranı olarak tanımlanabilir; doyma hattında ve adyabatik eğride ölçülmek şartıyla; H_1;

$$1+\varepsilon = \frac{H_2}{H_1 - H_e}$$

elde edilir. Pratikte,1+ε =1.15 - 1.20 olarak alınabilir.

Sıkıştırma başlangıcındaki karışımın i_m değeri(I noktası dahil, şekil. 4), enerji ifadesinden elde edilebilir.

$$\dot{I}_m = \dot{I}_T = \frac{1}{1+\mu}(\mu\dot{I}_e + \dot{I}_0) - \left(\frac{C_m}{91.5}\right)^2$$

Enerji bağıntısına göre sıkıştırma gradyeni üzerindeki I noktasından karışımın adyabatik sıkıştırma ile (Eğer $c_a = \tau\, c_0$, terminal hızı burada ihmal edilebilir),

$$H^I{}_k = \mu\left[\left(\frac{C_m}{91.5}\right)^2 - \left(\frac{C_a}{91.5}\right)^2\right] = \mu\varphi_1^2 H_e\left[\left(\frac{\mu\frac{C_1}{C_0}+\alpha}{1+\mu} + \tau^2\right)\right] \quad \text{ve}$$

$$H^I{}_k \cong H_k + H_2 = H_k + \alpha^2\left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2 H_e$$

yazılabilir. Bu yeterli hassasiyet sağlayabilir.

Gazlar için sıkıştırma gradyeni; $H_k = C_p T_0\left[\left(\frac{P_a}{P_0}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} - 1\right]$ ile hesaplanabilir.

Şekil .4' te H'$_k$ gradyeni I noktasında düşey olarak çizilen doğru ile uç noktasını p'$_a$ basınç hattı üzerine getirebilir. Bu p_a' nın erişebileceği en yüksek terminal basınç

değeri olacaktır. 13 no' lu bağıntı, 4 no' lu bağınıtıya benzer şekilde yazılacak olursa, $\mu = \dfrac{\omega - \alpha}{\dfrac{C_1}{C_0} - \omega}$ elde edilir. Ayrıca, $\omega = \sqrt{\dfrac{1}{\eta \varphi_1^2}\left[\dfrac{H_k}{H_e} - \alpha^2\left(\dfrac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2\right] + \tau^2}$ olacaktır.

Yukarıdaki ifade ve H_k, H_e seçilecek α değerleriyle μ artık kolaylıkla hesaplanabilir. Böylece en iyi α değeri de tayin edilmiş olur. Nümerik şartlar sıvılar için (Şekil 2. ve 3.) aynıdır. Sadece ısı gradyenlerinin, basınç gradyenlerinin yerini aldığı zaman durum farklı olabilir. 14, bağıntısı, jet kompresörlerin, pratik olarak hesaplanmalrında rahatlıkla kullanılabilir.

I-II genişleme hattının hakiki uç noktası için, $i_u = i_c = i_m + \left(\dfrac{C_m}{91.5}\right)^2$ yazılabilir. Bu II noktasının p_a' basınç hattında tanımlanmasını sağlar (i-s diyagramı). Sıkıştırma terminal basıncı p_a yerine p'_a olsa bile,i_{II}, aynı kalacaktır. Böylece jet pompa çıkışındaki karışımın özgül hacmi (v_{III}), i-s diyagramından okunabilir. Ve gerekli çıkış kesiti, Fa ise, $F_a = D^2(\pi/4) = \dfrac{G_2(1+\mu)V_{III}}{\tau C_0}$ ile hesaplanabilir. Karıştırma nozulunun en dar kesiti $F_m = d^2(\pi/4)$, teorik dar kesitten %30-%50 daha büyüktür. Fakat;$F_m \approx (1.3\text{-}1.5)\, F_m$' dur. Karıştırma hızı ses hızını geçmediği sürece, yani $c_m = \sqrt{Kgp_1V_I}$ ise (V_I - I noktasındaki özgül hacim) teorik en dar kesit; $F_m{}' = \dfrac{G_2(1+\mu)}{C_m}V_I$ olacaktır. Bununla beraber, c_m ses hızını aştığı zaman F'_m aşağıda tayin edilecek yolla tayin edilebilir. I' den II' ye (Şekil.4), sıkıştırma sırasında ara basınç p için enerji denklemi, $c = \zeta c_m$ hızıyla ve böylece sıkıştırma gradyeni H', $H' = \eta\left(\dfrac{C_m}{91.5}\right)^2(1-\xi^2)$ daha sonra kabul edilecek H' değeriyle bulunabilir. Bu basınçta i entalpisi $i = i_I + \left(\dfrac{C_m}{91.5}\right)^2(1-\xi^2)$ ile bulunur. İlgili faz noktası I,II sıkıştırma hattı üzerindedir ve pertinent özgül hacim , (v; i-s) diyagramından okunabilir. Böylece akış için gerekli kesit; $F' = \dfrac{G_2(1+\mu)V}{\xi C_m}$

olacaktır. F' ün tayinini takiben, kabul edilmiş ζ değerleriyle (0,9 - 0,8 - 0,7 - v.b.) minimum F'_m değerine ulaşılır. Sonuçta jet kompresörün verimi; $\eta_s = \frac{H_k}{\mu H_a}$ olur.

p_e'den p_a' ya genleşme sırasında H_a, sürükleyici buharın adyabatik gradyenidir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Jet Pompalarının Emme Kapasitelerini açıklamak amacıyla, farklı boylarda nozullara sahip 3 ayrı pompa imal edilmiş ve farklı nozul boylarına sahip bu pompalarla değişik emme yükseklikleri ve basınçlarda deneyler yapılmıştır.

İmal edilen Jet Pompalar, itici olarak hava kullanmakta ve su tahliye etmektedirler. 1" bir boru içerisindeki 9/16" ' lik bir nozul sayesinde ve değişken basınç ve emme yüksekliklerinde tahliye yapabilmektedir.

6. SONUÇLAR

İmalatı yapılan, farklı nozul boylarına sahip 3 (üç) adet Jet Pompası ile 3.50 atm' den 21 atm' e kadar 3.5 atm' lik bir basınç artışıyla ve 0.2 m' den 1.2 m' ye kadar 0.2 m' lik bir emme yükseklikleri artışı uygulanarak ölçümler yapılmıştır. Nozul boyları 25 mm., 50 mm. ve 75 mm.' dir.

Yapılan 108 adetlik bu ölçümler sonucunda, debinin nozul boyu ve basıncın artışı ile doğru orantılı ama emme yüksekliğinin artışı ile ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Yüksek debi elde etmek amacıyla, en düşük emme yüksekliği, deneyi yapılanlar arasında en uzun nozul boyu ve en yüksek basıncın kullanılması gerekliliği vardır. Diğer yandan, en düşük debi değeri ise, en uzun emme yüksekliği, en kısa nozul boyu ve en düşük basınçta elde edilmektedir.

Sonuç olarak;

Basınç arttıkça debi arttığı, nozul boyu arttıkça debi arttığı ve emme yükseklikleri azaldıkça debi arttığı gözlemlenmiştir.

Daha ileride yapılacak deneylerde, 1" boru yerine 2" veya daha büyük çaplar için benzer araştırmalar, farklı nozul boyları için yapılabilir.

KAYNAKLAR

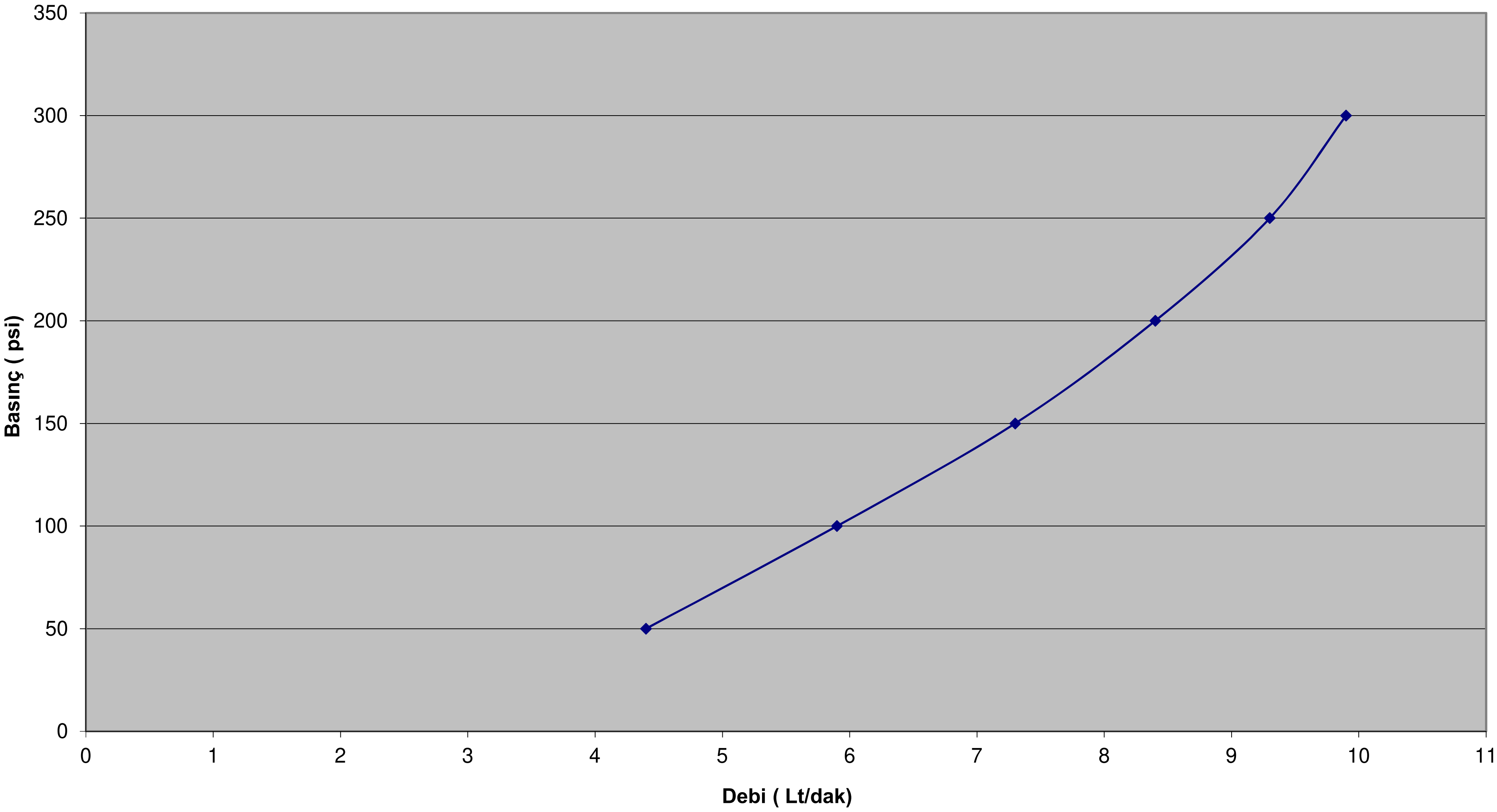
1. **Prof. Dr. PANCAR, Yaşar; Hidrolik Makinalar Ders Notları ; Basılmamış**
2. **TRADE and TECHNICAL PRESS Ltd.; (1979); Pumping Manual , Cilt 6.**
3. **KARASSİK, J. Igor ; KRUTZCH C.William ve FRASER H. Warren.; Jet Pumps; Pump Handbook, s:4-1, 4-23**
4. **Prof. Dr. PANCAR, Yaşar; Sıvılar İçin Kullanılan Jet Pompalar; Jet Pompaların Tasarımı; s: 8-12**

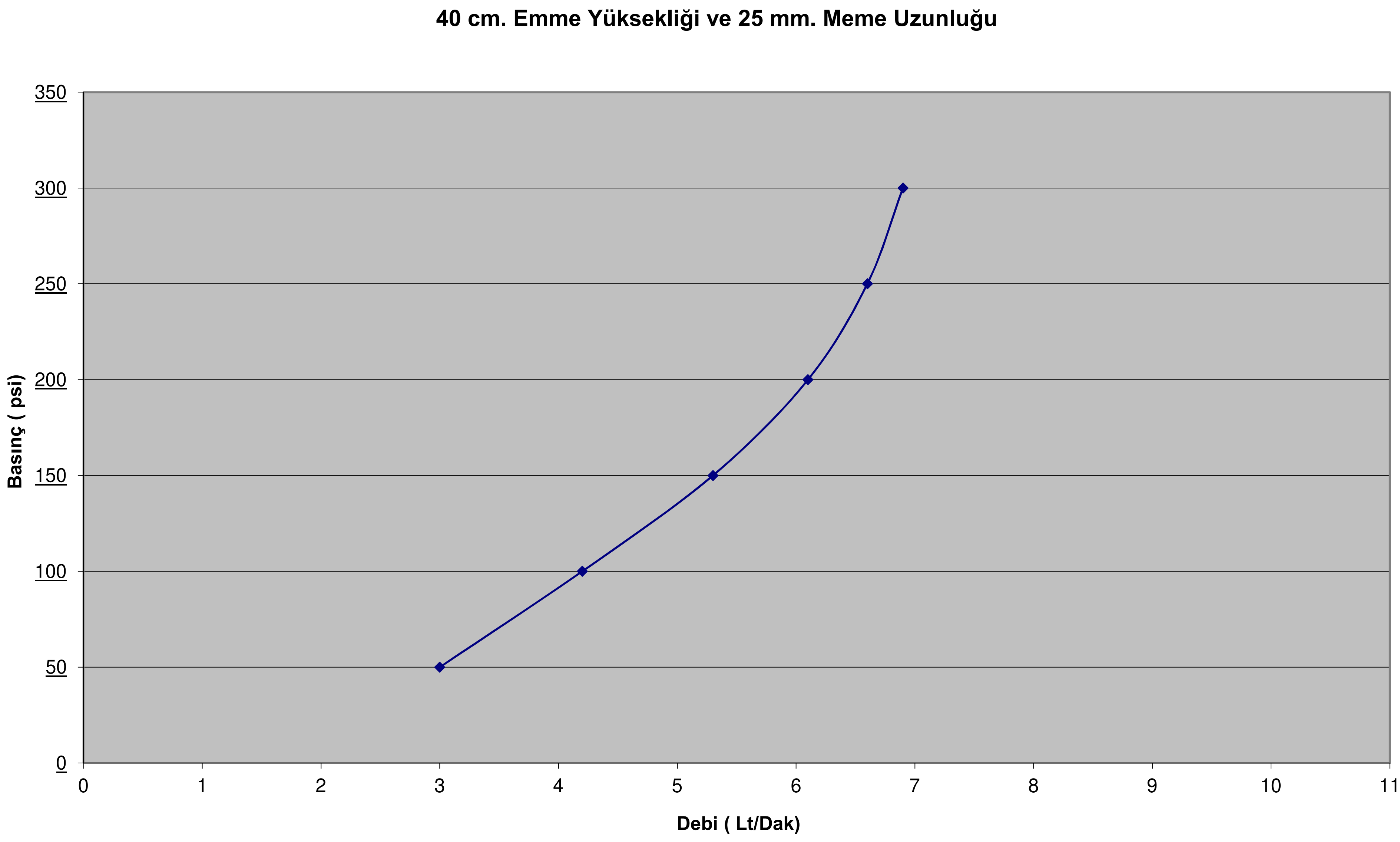
DENEY VERİLERİ

VE

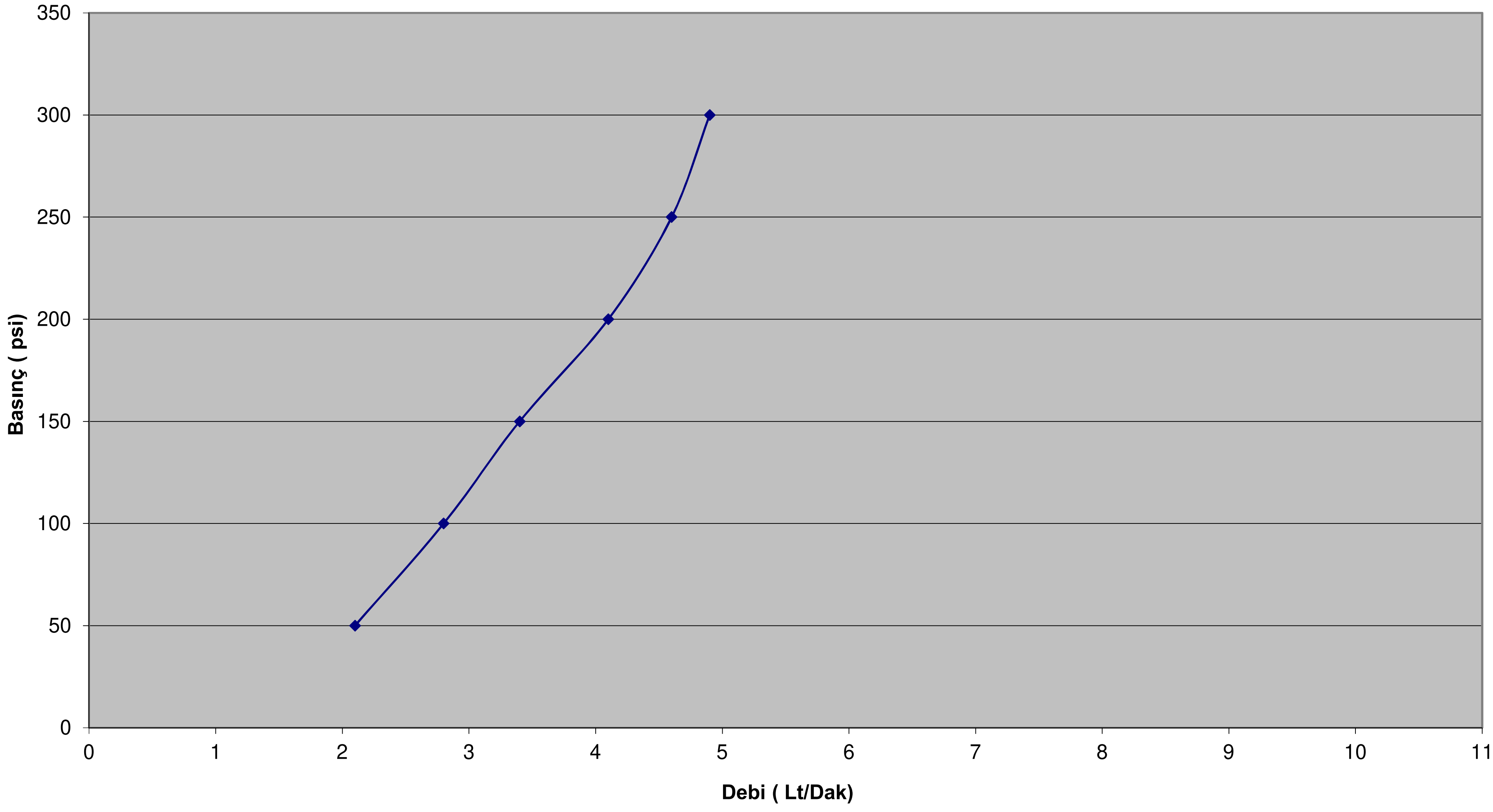
EĞRİLER

20 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu

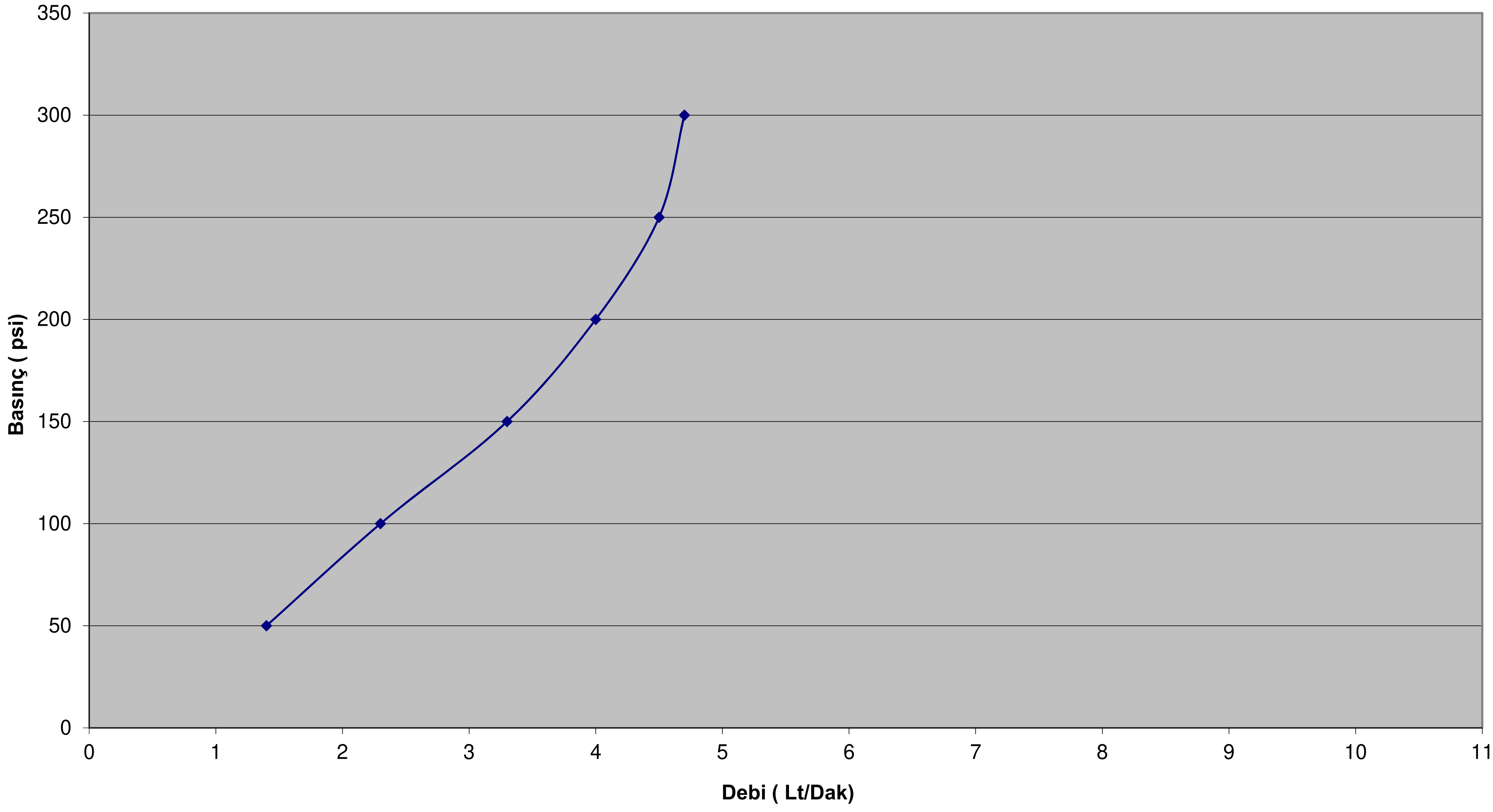



40 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)

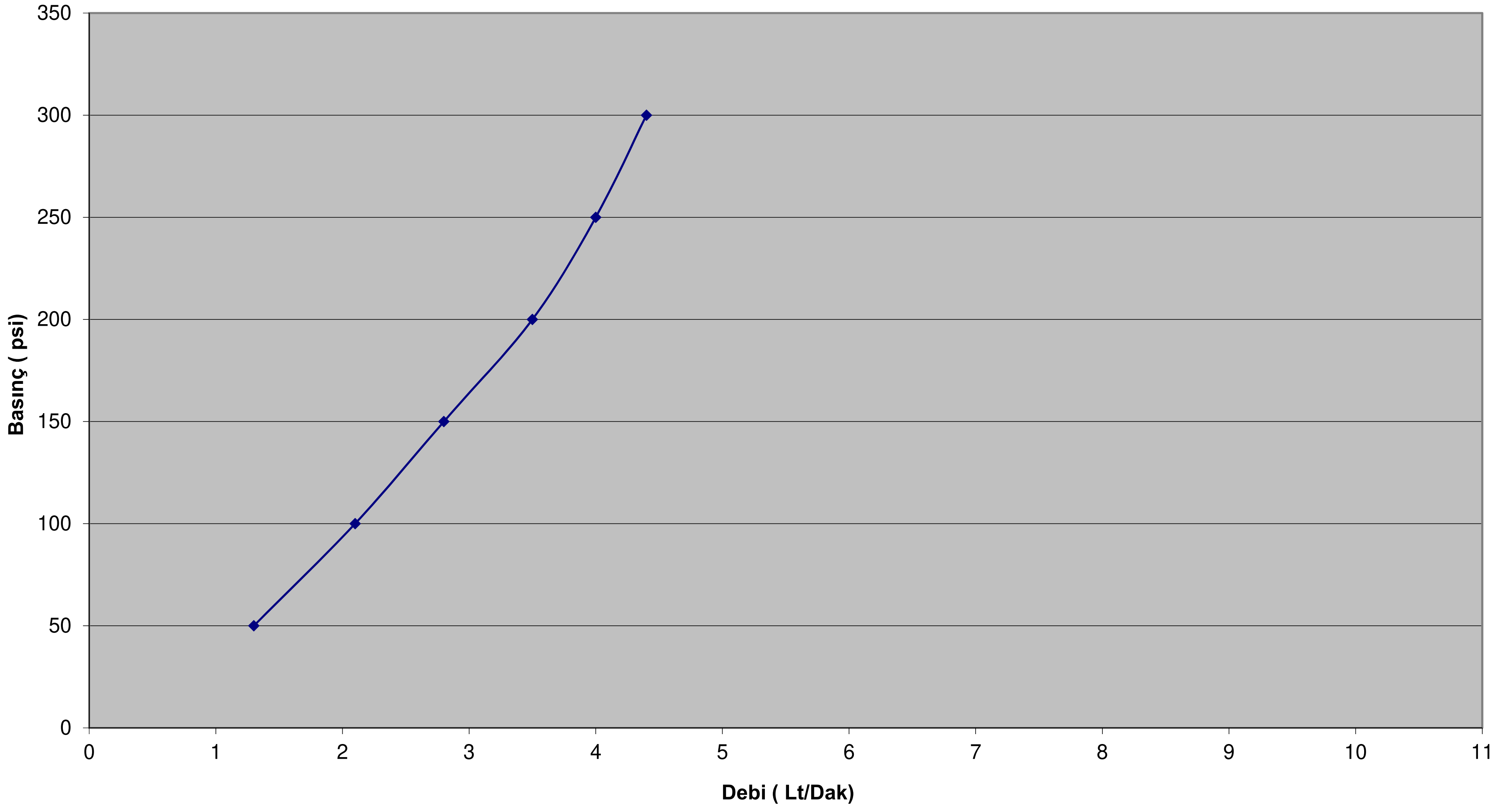
60 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu



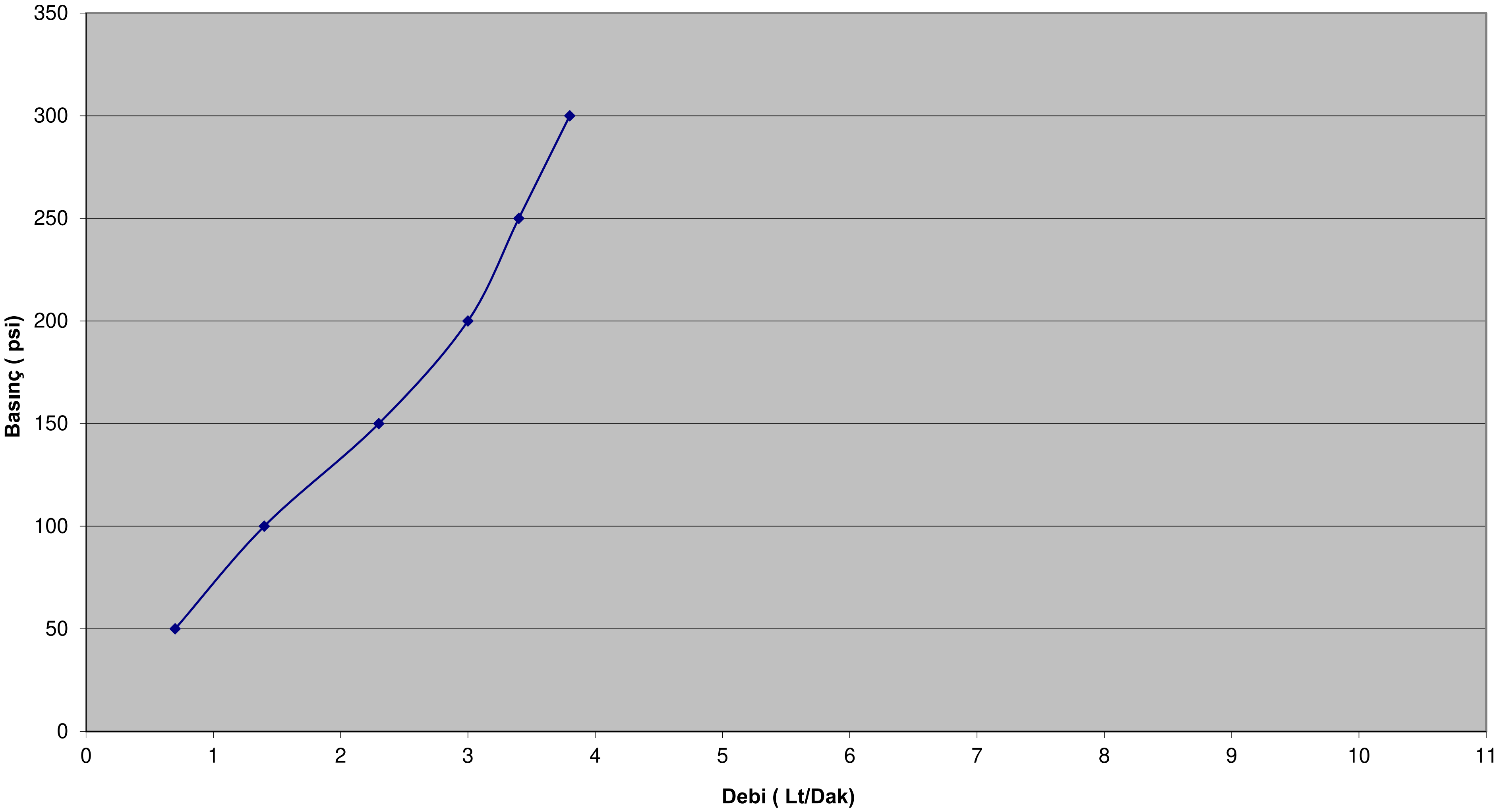
80 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu

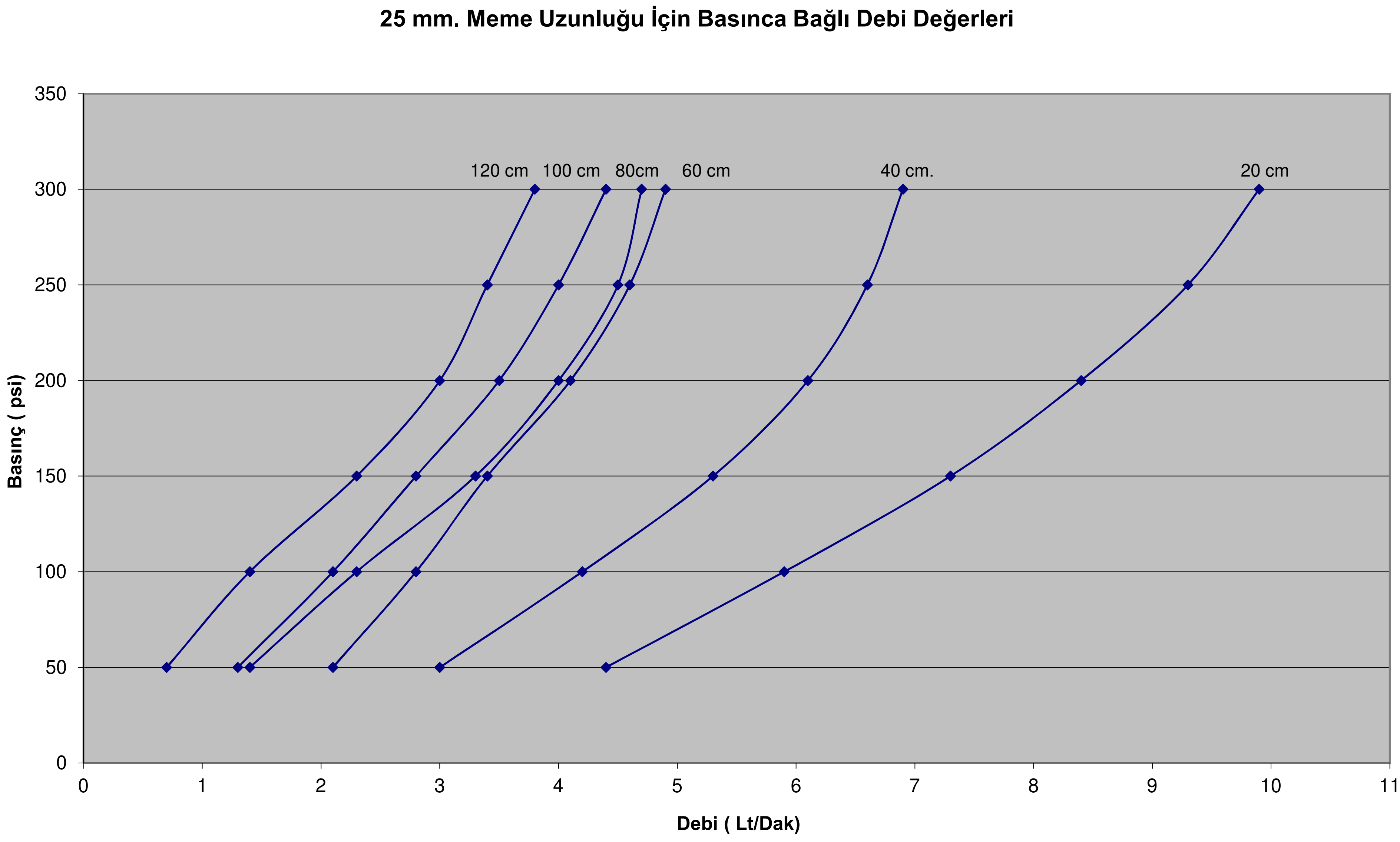


100 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu

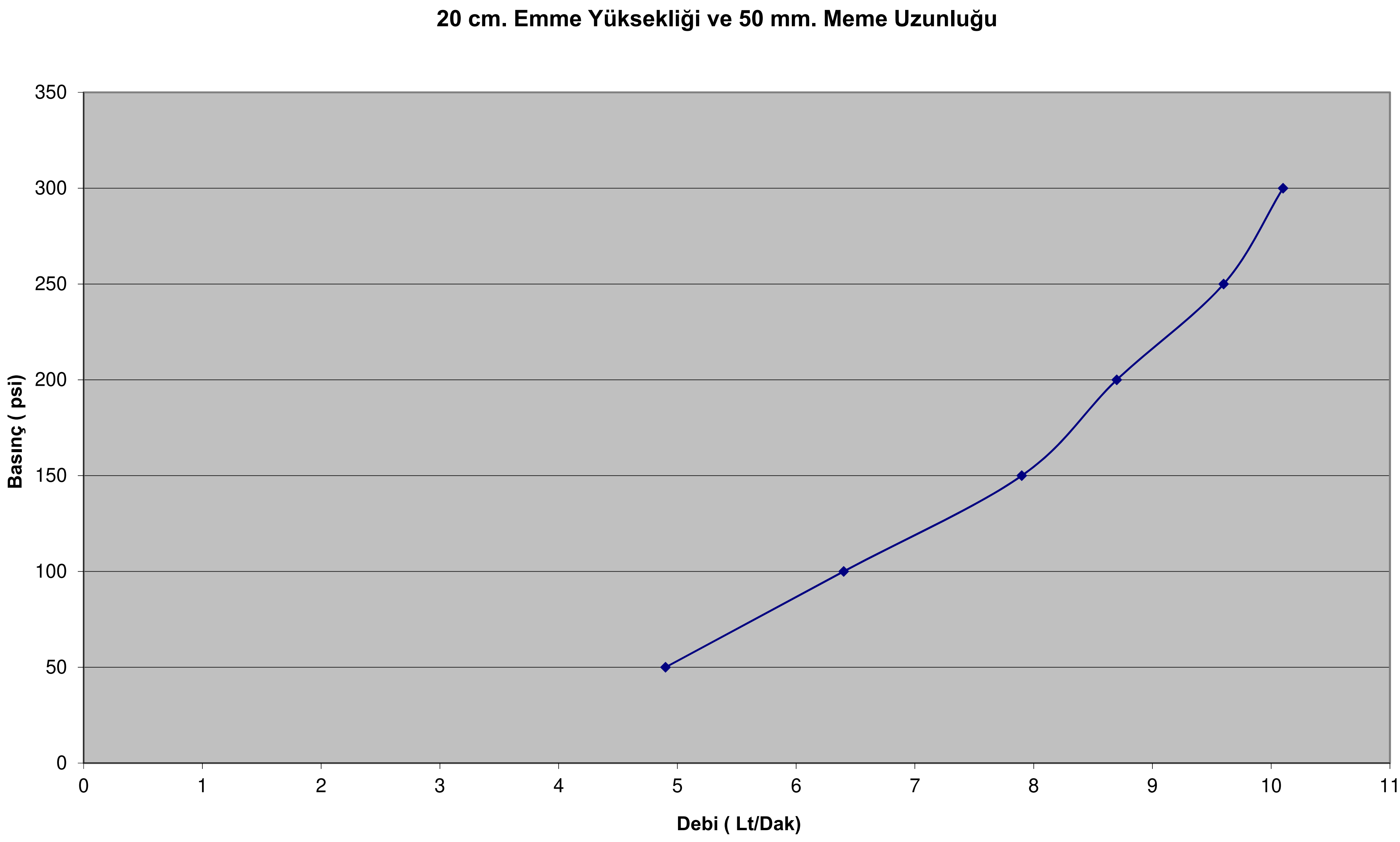


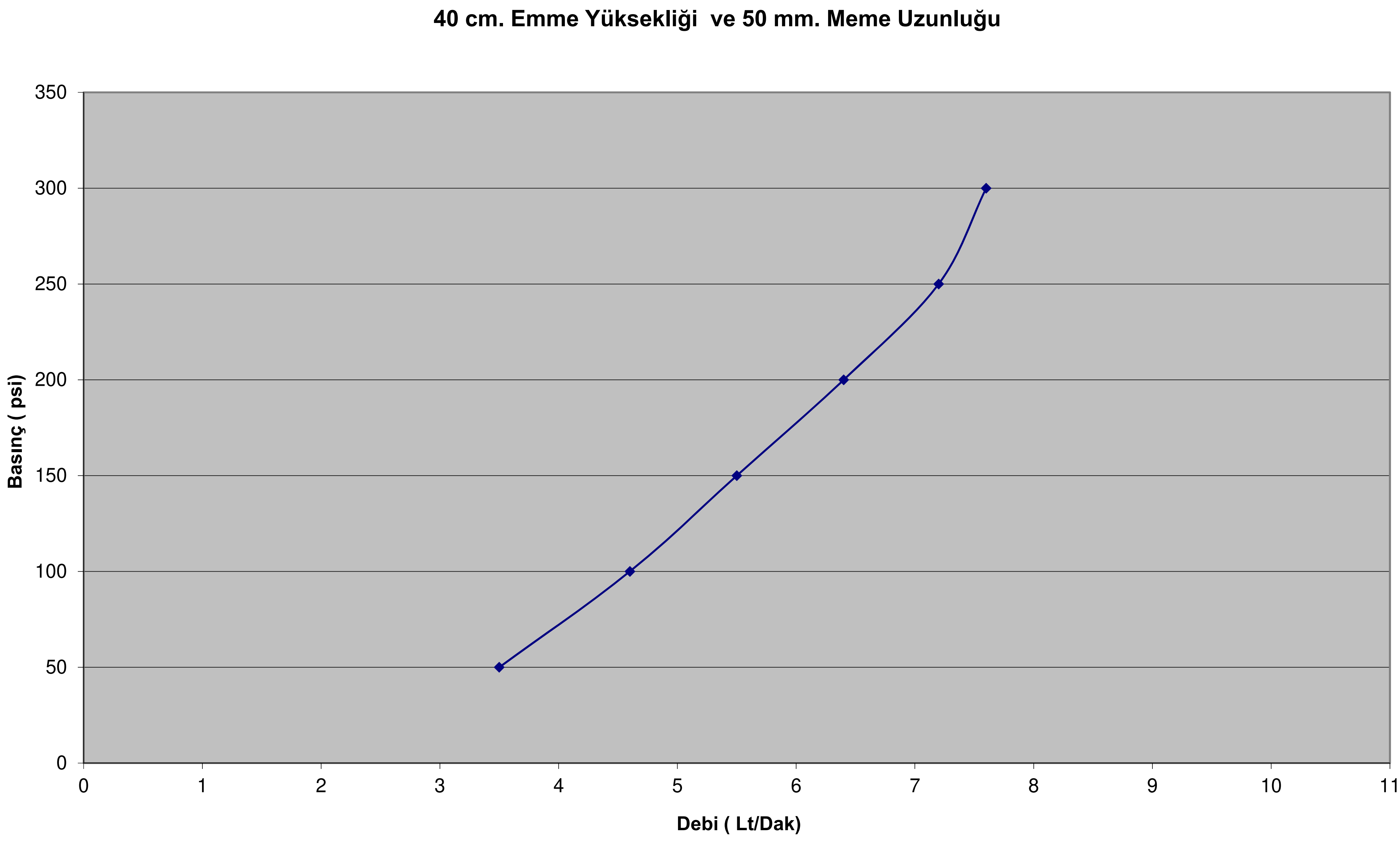
120 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu

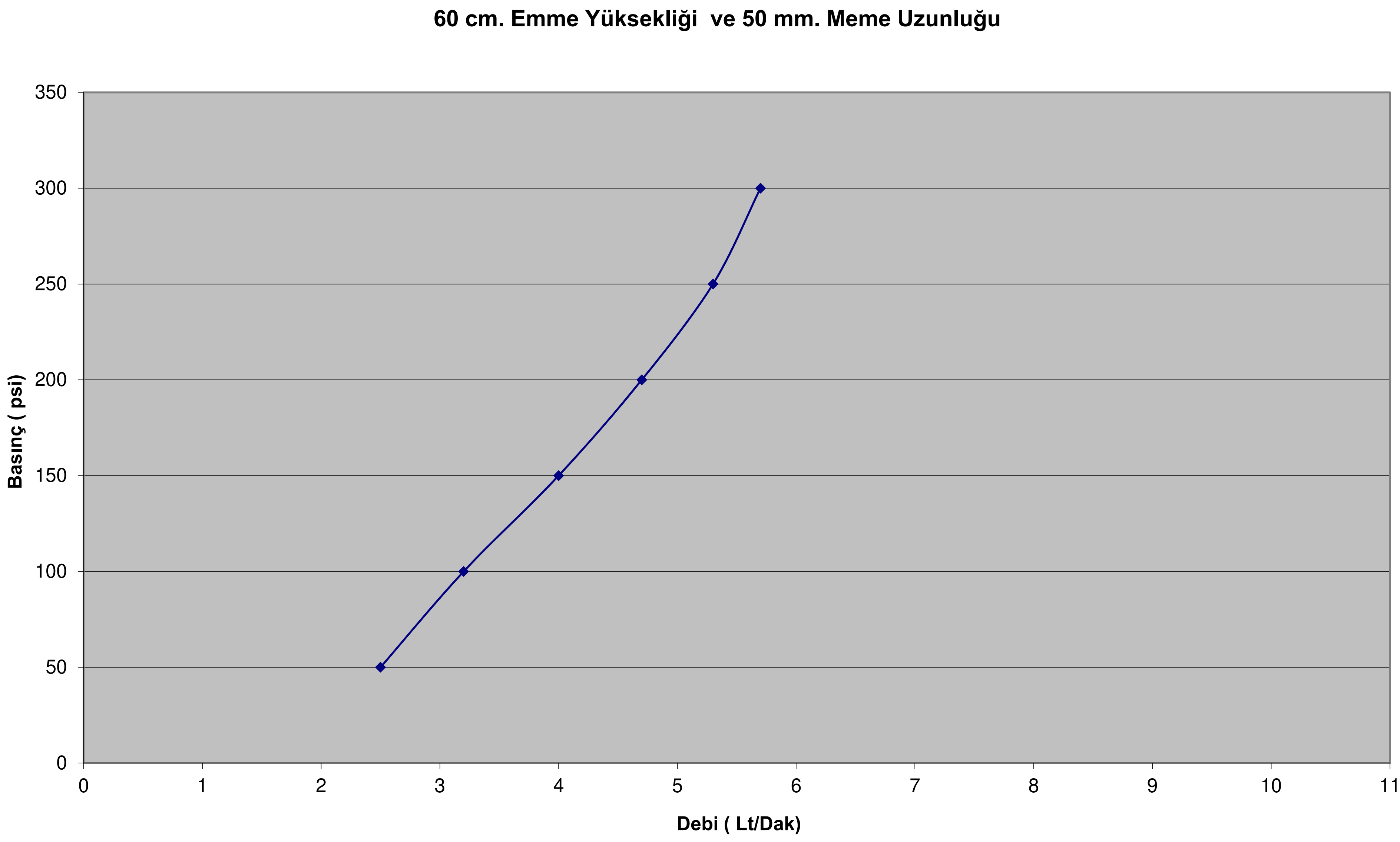


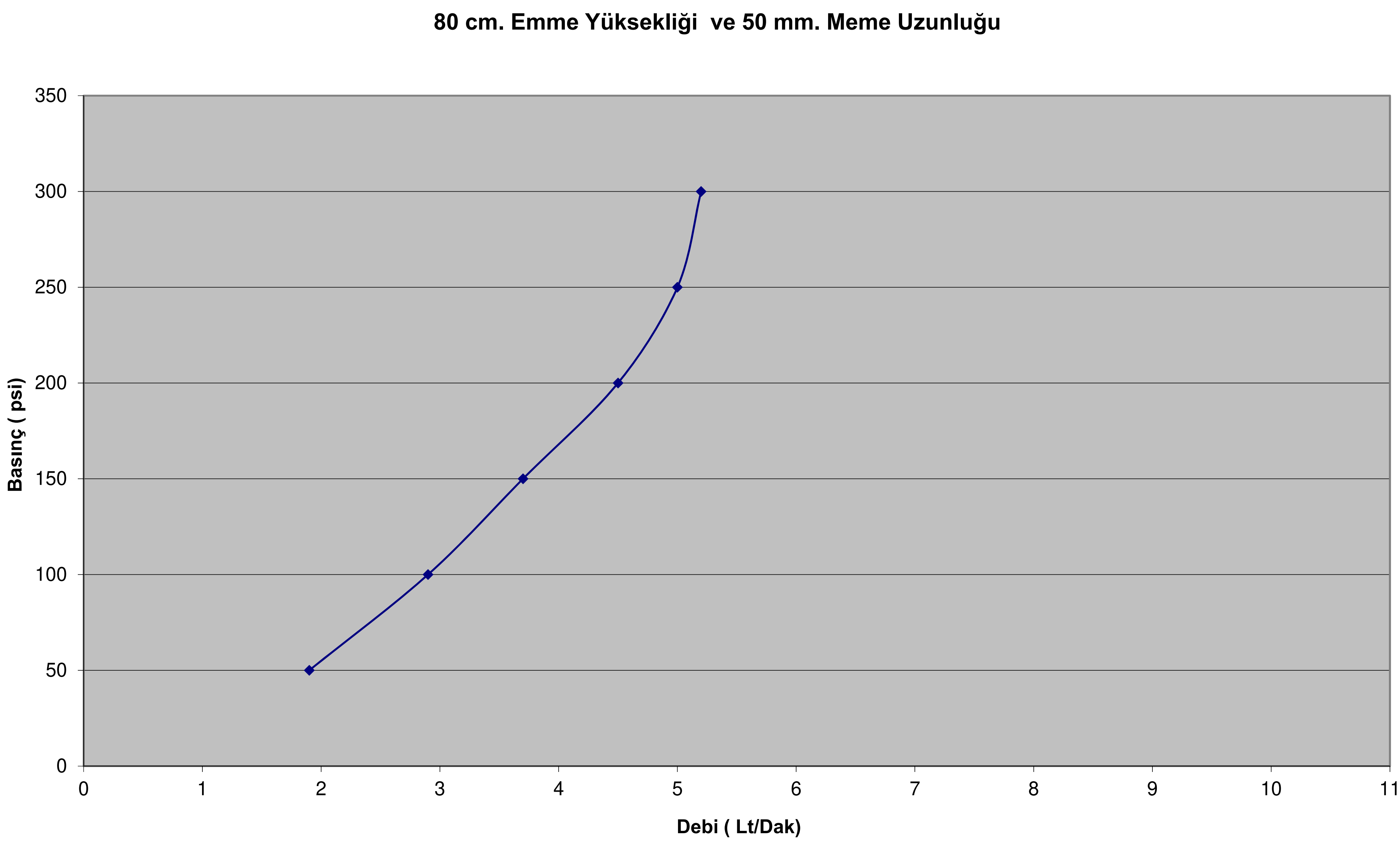


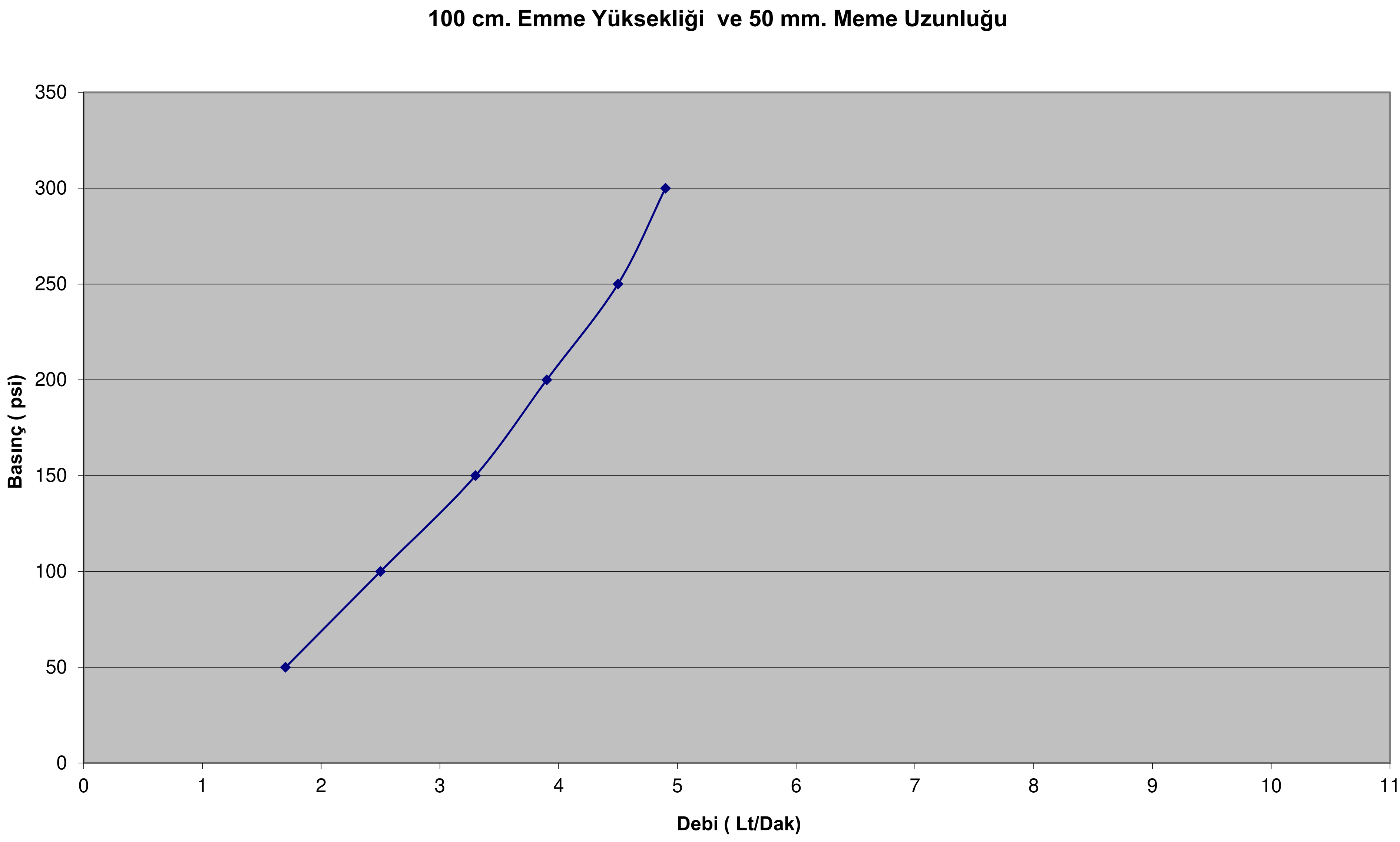
25 mm. Meme Uzunluğu İçin Basınca Bağlı Debi Değerleri
120 cm
100 cm
80cm
60 cm
40 cm.
20 cm
Basınç (psi)
Debi (Lt/Dak)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

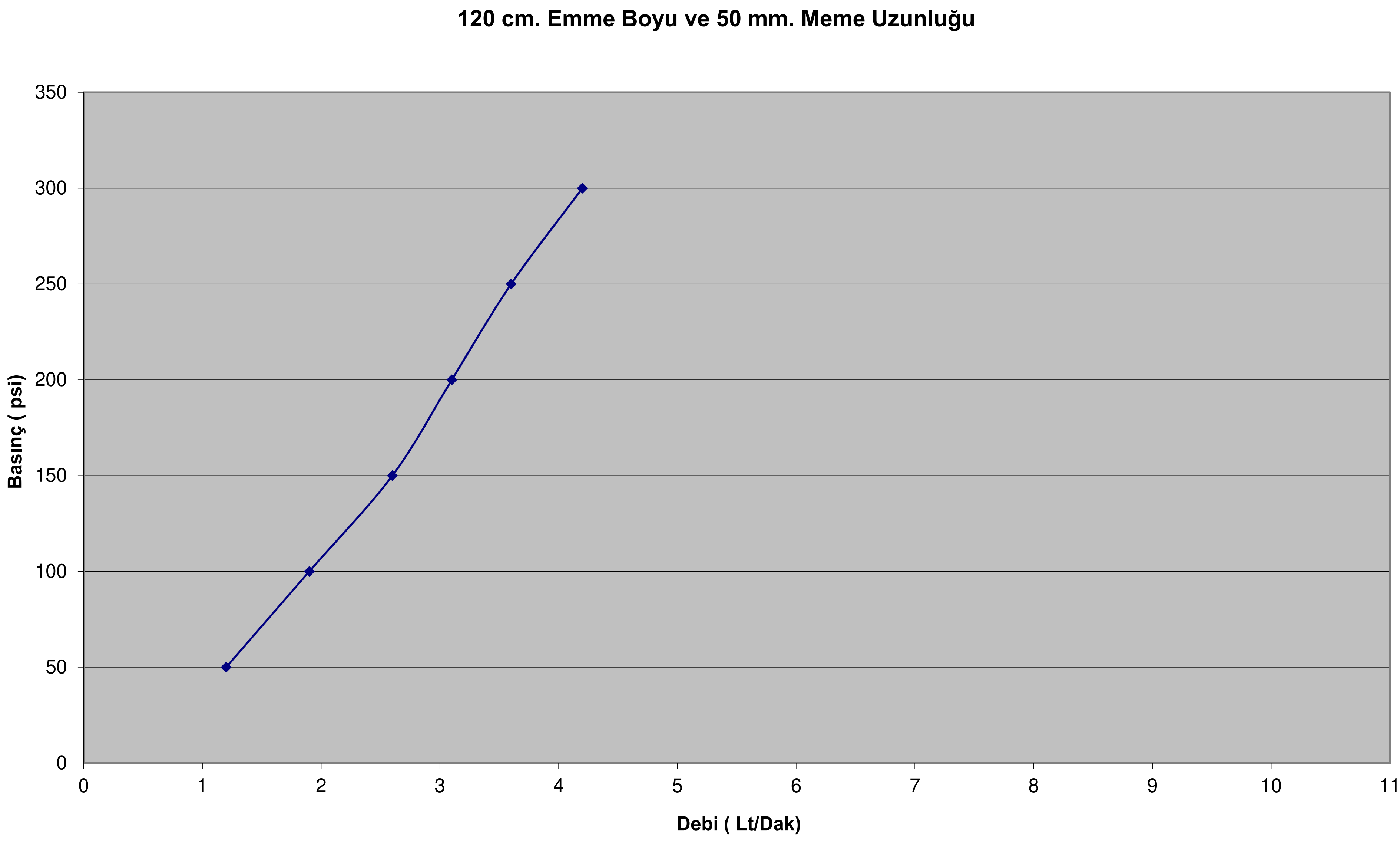

20 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)


40 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
Debi (Lt/Dak)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

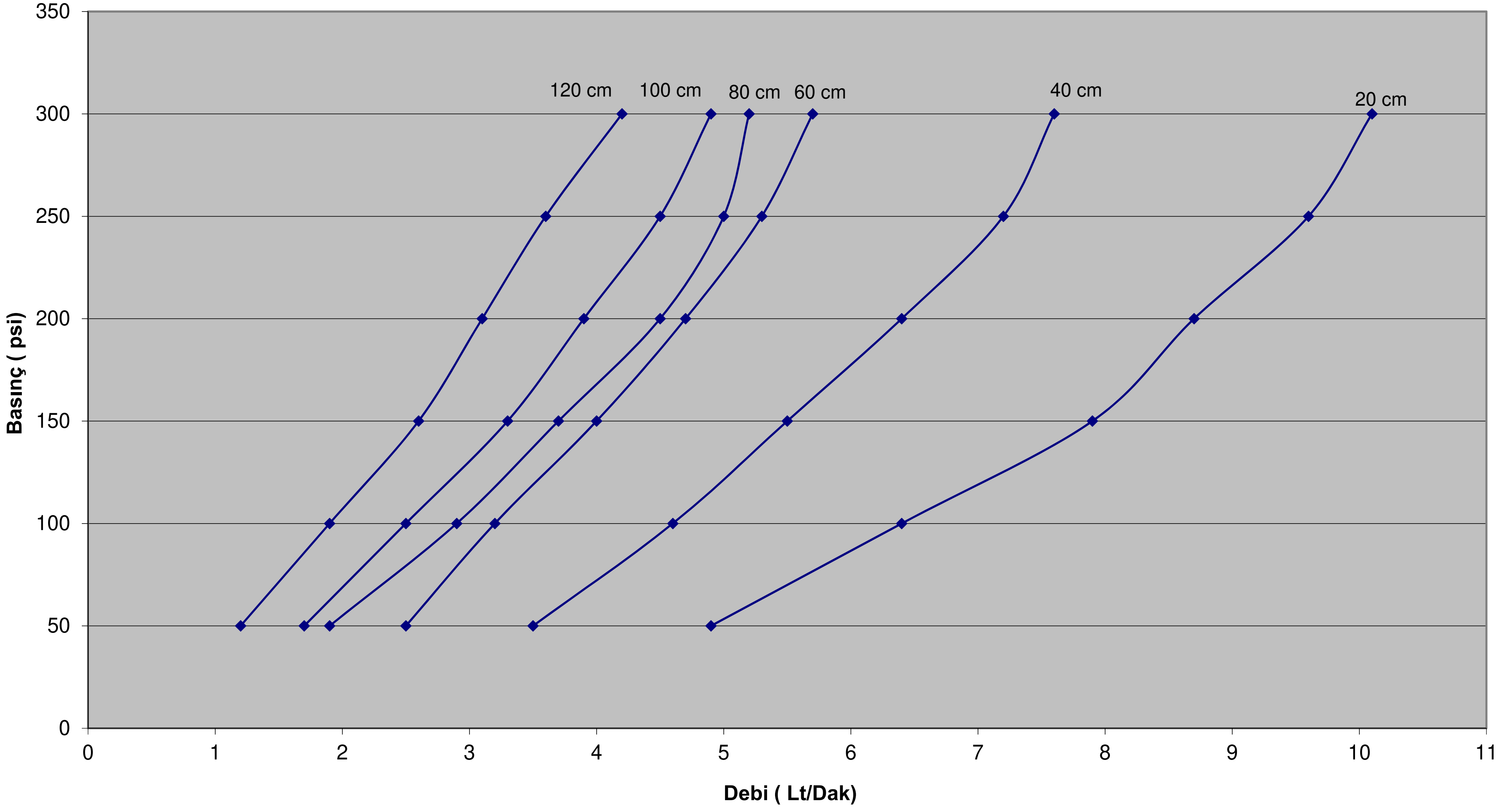

60 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
Debi (Lt/Dak)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


80 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)

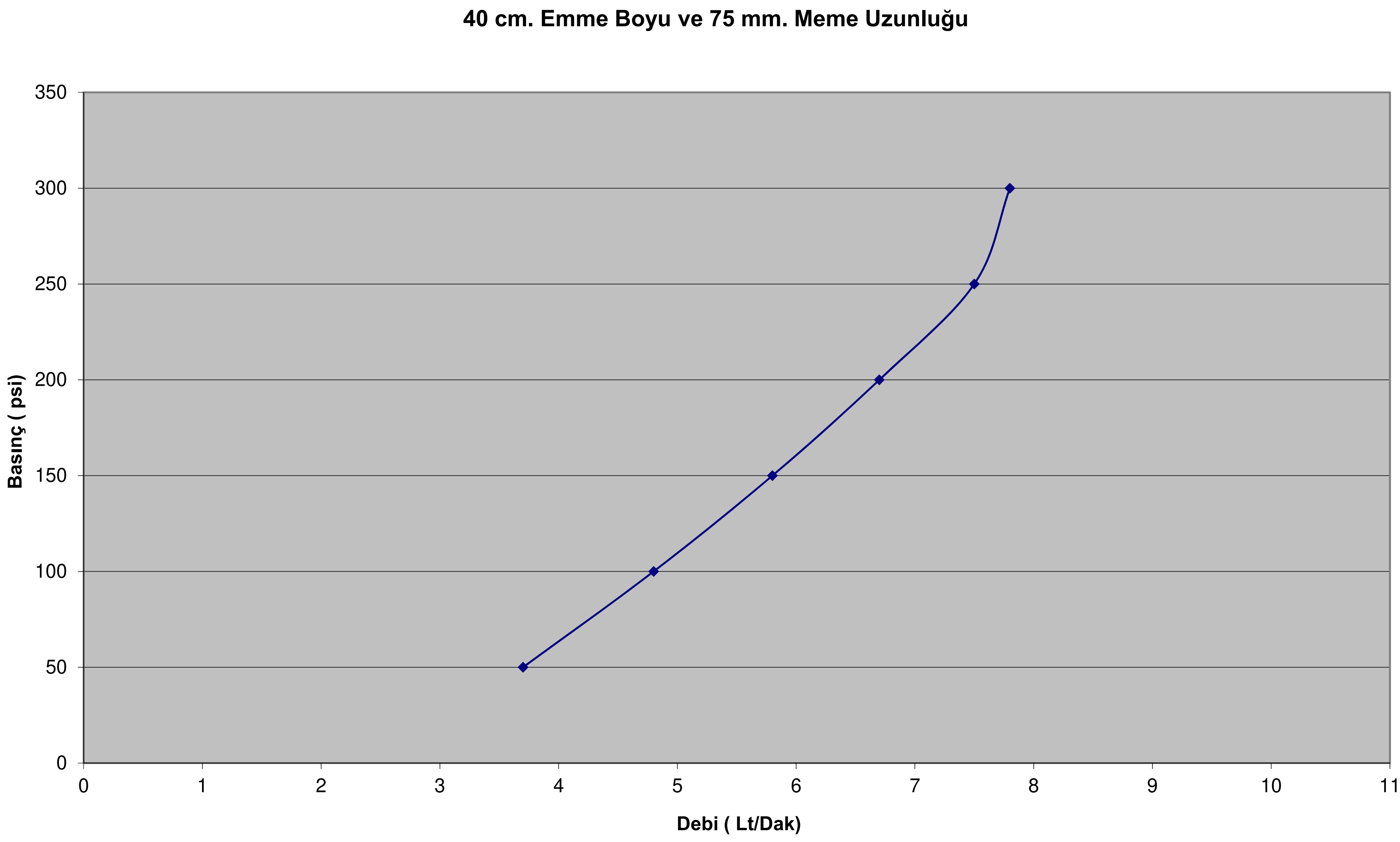

100 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)

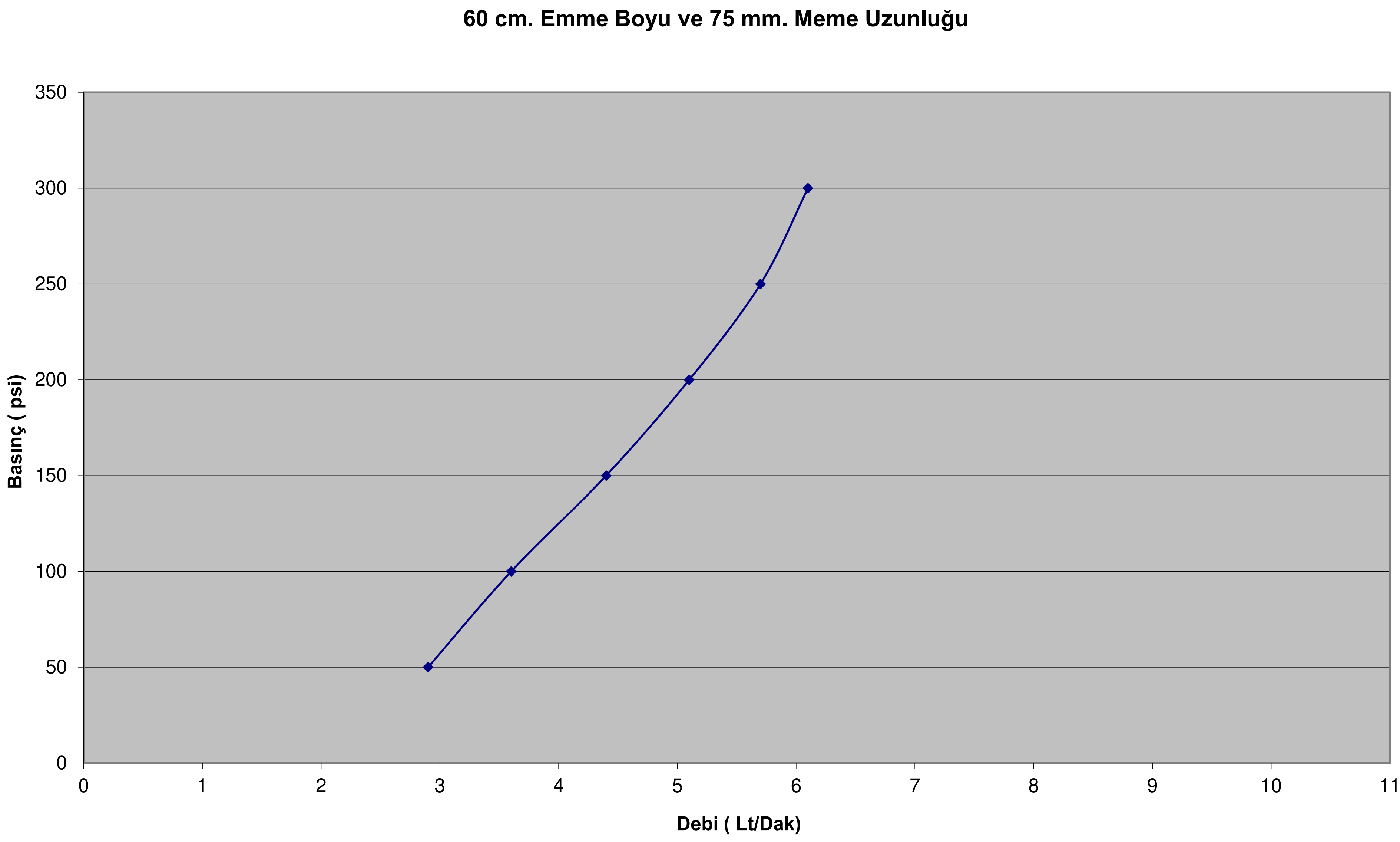

120 cm. Emme Boyu ve 50 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
Debi (Lt/Dak)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

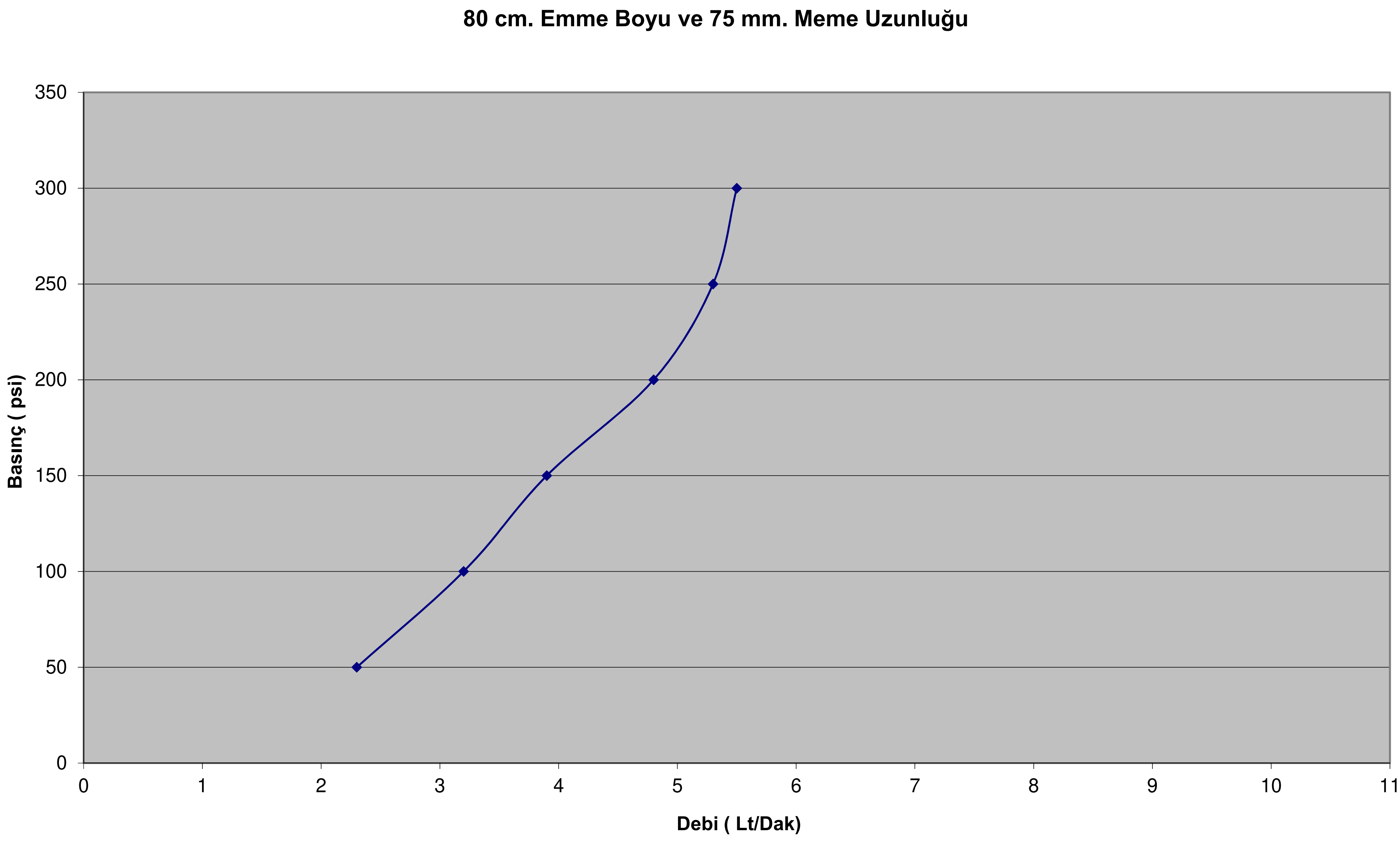
50 mm. Meme Uzunluğu İçin Basınca Bağlı Debi Değerleri

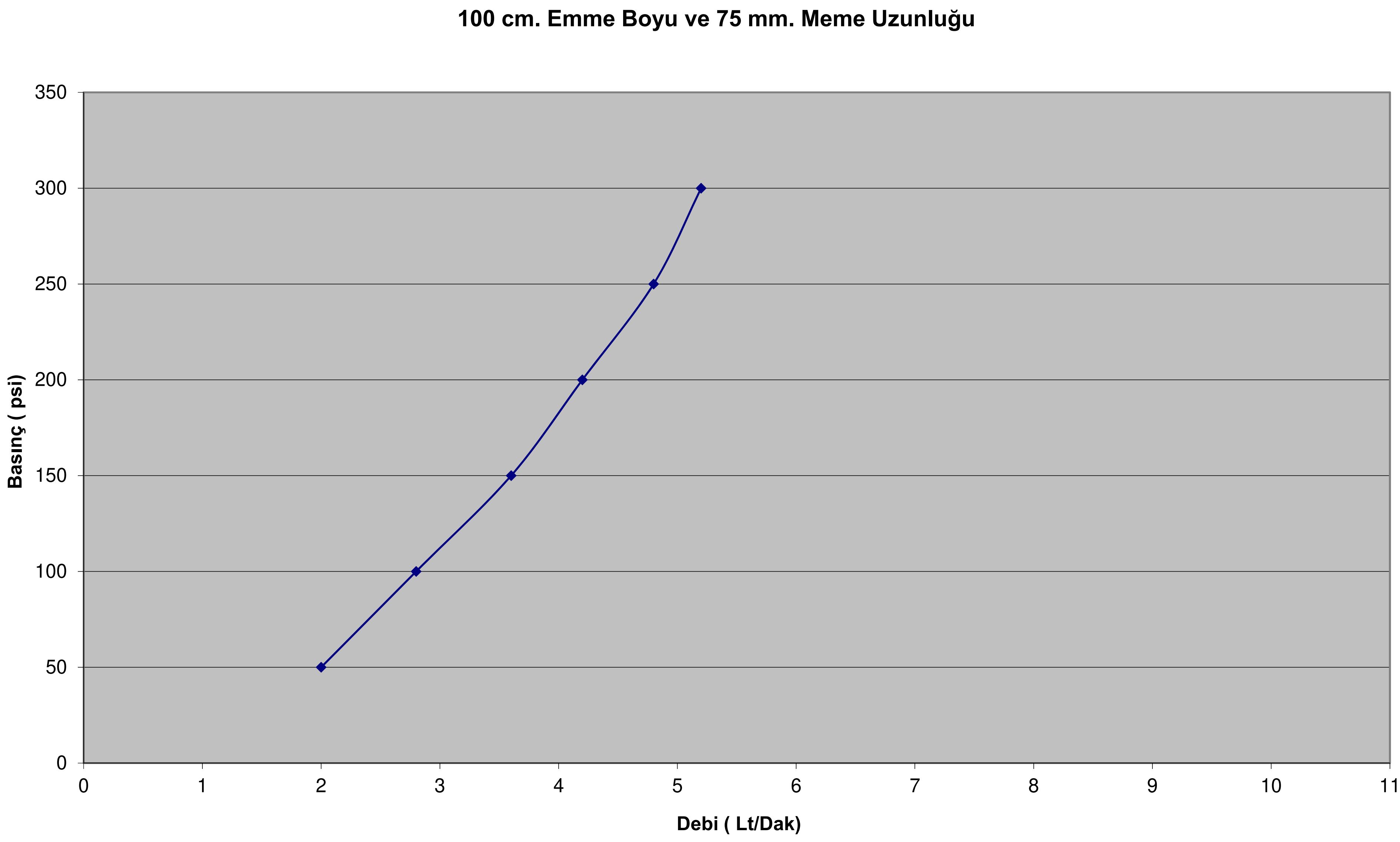


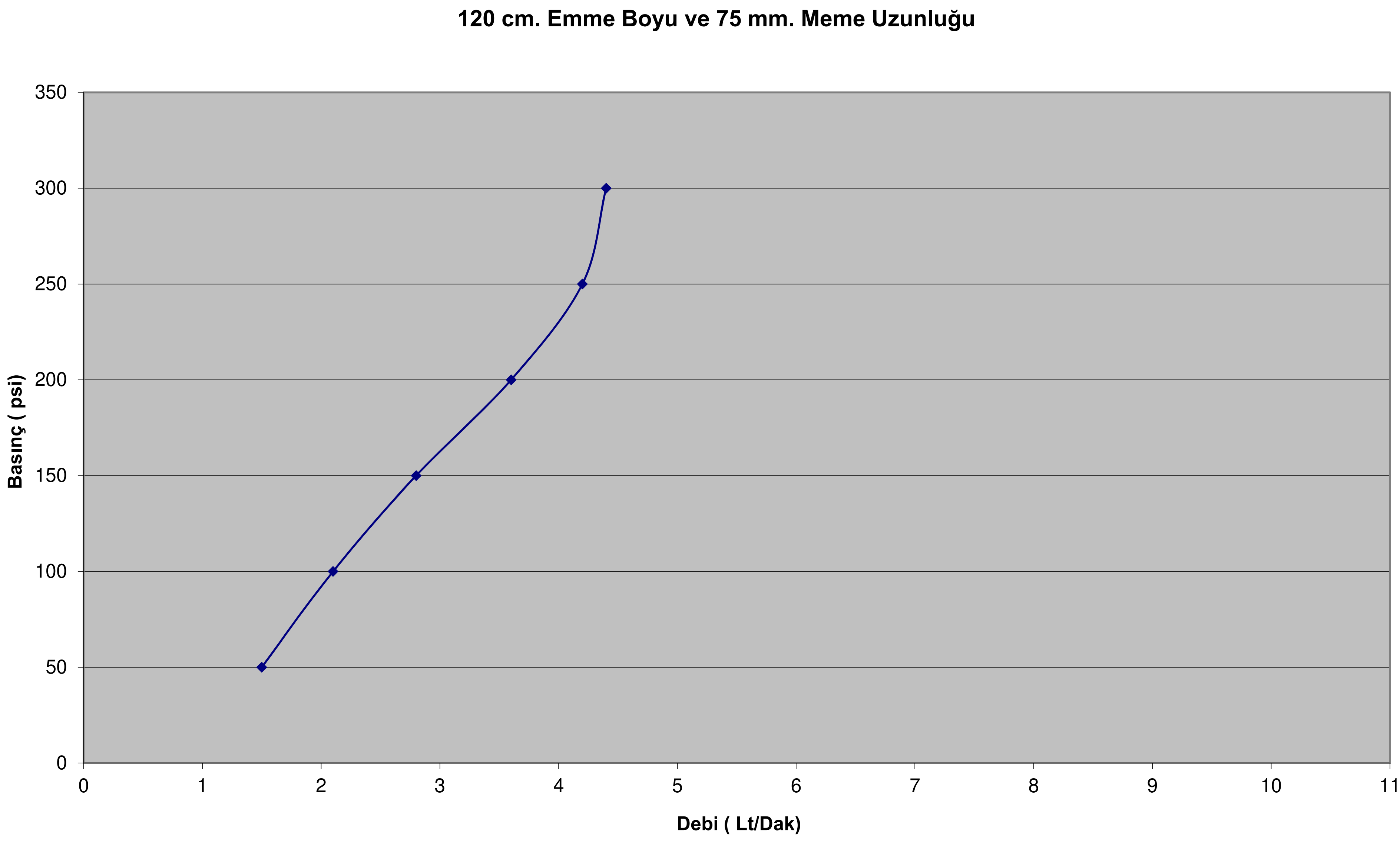
20 cm. Emme Boyu ve 75 mm. Meme Uzunluğu
350
300
250
200
150
100
50
0
Basınç (psi)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)

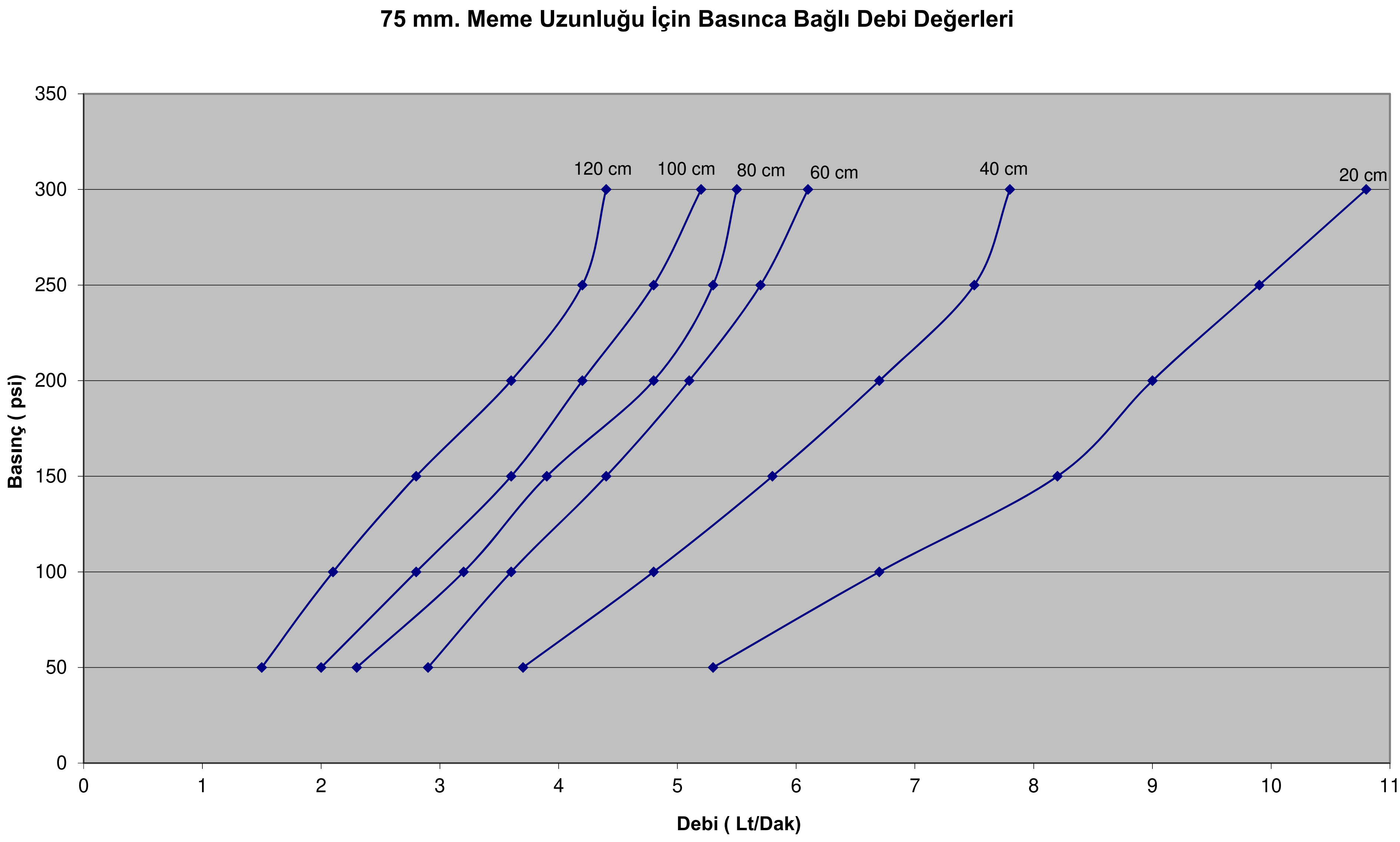

40 cm. Emme Boyu ve 75 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)


60 cm. Emme Boyu ve 75 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)


80 cm. Emme Boyu ve 75 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)


100 cm. Emme Boyu ve 75 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
Debi (Lt/Dak)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


120 cm. Emme Boyu ve 75 mm. Meme Uzunluğu
Basınç (psi)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Debi (Lt/Dak)



75 mm. Meme Uzunluğu İçin Basınca Bağlı Debi Değerleri
Basınç (psi)
Debi (Lt/Dak)
120 cm
100 cm
80 cm
60 cm
40 cm
20 cm
0
50
100
150
200
250
300
350
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11